



特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(51) 国際特許分類 5
B23Q 15/18, 1/02.

A1

(11) 国際公開番号

WO 92/01533

(43) 国際公開日

1992年2月6日 (06. 02. 1992)

(21) 国際出願番号 PCT/JP91/00972
(22) 国際出願日 1991年7月22日 (22. 07. 91)

(30) 優先権データ

特願平2/198479 1990年7月24日 (24. 07. 90) JP
特願平2/198480 1990年7月24日 (24. 07. 90) JP

(71) 出願人 (米国を除くすべての指定国について)

浜井産業株式会社 (HAMAI CO., LTD.) [JP/JP]

〒141 東京都品川区西五反田5丁目5番15号 Tokyo, (JP)

(71) 出願人; および

(72) 発明者

畑村洋太郎 (HATAMURA, Yotaro) [JP/JP]

〒112 東京都文京区小日向2丁目12番11号 Tokyo, (JP)

(74) 代理人

弁理士 森田雄一 (MORITA, Yuichi)

〒102 東京都千代田区飯田橋3丁目11番4号

セブンセントラルビル703号 Tokyo, (JP)

(81) 指定国

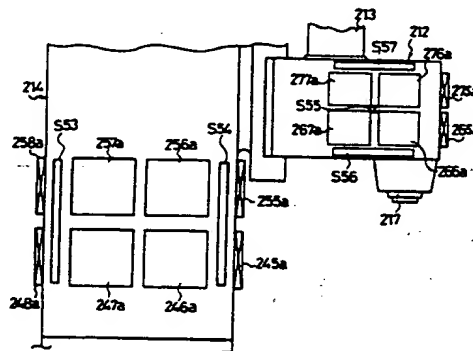
AT (欧州特許), BE (欧州特許), CH (欧州特許), DE (欧州特許),
DK (欧州特許), ES (欧州特許), FR (欧州特許), GB (欧州特許),
GR (欧州特許), IT (欧州特許), LU (欧州特許), NL (欧州特許),
SE (欧州特許), US.

添付公開書類

国際調査報告書

(54) Title : SYSTEM FOR CONTROLLING POSTURES OF STRUCTURES AND MACHINE TOOLS

(54) 発明の名称 構造物および工作機械の姿勢制御装置



(57) 要約

本発明は各種産業機械等の位置補正や位置制御に用いる構造物および工作物の姿勢制御装置である。本発明は、熱膨張や弾性変形による構造物の微小変位を補正し、または位置制御を行うことを課題とする。構造物（１）の軸方向の変位量をレーザ測長器（４）、（５）により検出し、この変位量に応じてヒータ（３）を加熱するか、冷却水路（２）に冷却水を流す。これにより、構造物（１）を膨張または縮小させ、構造物（１）の位置補正、位置制御を行う。

情報としての用途のみ

PCTに基づいて公開される国際出願のパンフレット第1頁にPCT加盟国を特定するために使用されるコード

AT オーストリア
AU オーストラリア
BB パルバードス
BE ベルギー
BF ブルキナ・ファソ
BG ブルガリア
BJ ベナン
BR ブラジル
CA カナダ
CF 中央アフリカ共和国
CG コンゴ
CH スイス
CI コート・ジボアール
CM カメルーン
CS チェコスロバキア
DE ドイツ
DK デンマーク

ES スペイン
FI フィンランド
FR フランス
GA ガボン
GI ギニア
GB イギリス
GR ギリシャ
HU ハンガリー
IT イタリア
JP 日本
KP 朝鮮民主主義人民共和国
KR 大韓民国
LI リヒテンシュタイン
LK スリランカ
LU ルクセンブルグ
MC モナコ
MG マダガスカル

ML マリ
MN モンゴル
MR モロコシ
MW マラウイ
NL オランダ
NO ノルウェー
PL ポーランド
RO ルーマニア
SD スーダン
SE スウェーデン
SN セネガル
SU ソビエト連邦
TD チャド
TG トーゴ
US 米国

明 細 書

構造物および工作機械の姿勢制御装置

技術分野

本発明は、各種産業機械や測定装置等において位置の補正や超精密位置制御を可能にした構造物の姿勢制御装置に関する。また、本発明は、マシニング・センタ等の工作機械におけるツール駆動部等の温度上昇や、ツールの加工反力を原因としたツールの位置変化による加工精度の悪化を防止してより精密な加工が実現できる工作機械の姿勢制御装置に関する。

10 背景技術

従来の各種工作機械や測定装置等においては、加工精度または測定精度を向上させるための一つの方法として、機械や装置の構成部材の剛性を増す努力がなされてきた。その結果、剛性が増した分、構成部材に加えられた荷重に対して発生する歪みが減少し、構成部材の弾性変形、たわみ等を原因とする精度の低下をある程度防止することができる。

さらに精度を増して超精密な加工や測定を実現しようとする、機械、装置の部材間に発生する温度差により部材に熱変位を生じる。これにより、機械、装置自体の構成各部間に寸法変化が生じて、精度の向上がはばまれる。

特にマシニング・センタ等の工作機械においては、ワーク加工中にツールの駆動モータやその減速機構部の発熱がヘッド部およびヘッド部を支持するコラム部に伝えられる。これにより、ヘッド部及びコラム部は、時間の経過とともに温度が上昇して熱膨張する。また、ワークの加工中はツールに加工反力が発生して、ツールを支持するヘッド部およびコラム部にその反力に応じて微小な弾性変形が発生する。これらの熱膨張や弾性変形が発生すると、ツールの位置

が微小に変化して加工精度が低下するという問題があった。

第39図は、マシニング・センタにおいて発生する熱膨張や弾性変形の様子を模式的に示した説明図である。図では、ツール201と、ヘッド部202に設置されたツール駆動用モータ203との発熱がヘッド部202からコラム部204へ伝播し、コラム部204に温度勾配を生じて右側が一層熱膨張して全体的に左側に反ってしまう。その結果、ツール201は正規のレベルL₁からレベルL₂の位置にずれて、加工精度に悪影響を与えることになる。

この解決として従来では、ツール201が取付けられているヘッド部202内に冷却オイルや冷却水を循環させて発熱原因である駆動モータ203やその減速機構部等を冷却して、熱膨張による影響を解消しようとしている。

また、他の解決策として、発熱の度合いに応じてヘッド部202の座標を数値制御（NC）により補正することもある。さらには、熱変位制御と称して、コラム部204の左側背面の一部にカウンタヒータ205を設置し、コラム部204への伝熱に応じてカウンタヒータ205を加熱することにより温度勾配を除去し、反りを打ち消すことが試みられている（精密工学会JSPE-55-09'89-09-1706）。

しかしながら、これらの解決策において、稼働中の発熱によりツール201に生じた変位を正確に検出することは困難である。また、その検出した変位値も稼働状況により絶えず変動するため、常に最適な補正をすることが不可能である。

特に、熱変位制御は、マシニングセンタのコラム部204全体の反りをコラム部204の上面の移動量としてレーザ光線により検出し、カウンタヒータ205をオン、オフ制御してコラム部205の真直度の変化を補正するものである。この制御方法によれば、常時 $\pm 2 \mu\text{m/m}$ の精度で真直度を維持することができるものの、コラム部204の高さ方向の変位については何ら補正することができない。

さらには、発熱源であるモータ 203 が設置されているヘッド部 202 の熱膨張については何ら補正することができず、熱変位による加工精度の低下を完全に補償することが不可能である。

本発明は上記問題点を解決するためになされたもので、その目的
5 とするところは、熱膨張や弾性変形を原因とした微小変位を補正するとともに、より精密な位置制御を可能にした構造物および工作機械の姿勢制御装置を提供することにある。

発明の開示

10 本発明にかかる構造物の姿勢制御装置は、剛性の大きな構造物に設置され、構造物を弾性変形または熱変形範囲内で変形させるアクチュエータと、このアクチュエータにより変形される構造物の変形
15 エリアについて、その変位量を検出する変位センサと、この変位センサが検出した変位量にもとづき、構造物を所望の長さに保持するためにアクチュエータの駆動信号を発生する制御部とを備えている。
これにより、構造物に変位が発生すると制御部がアクチュエータを駆動して構造物を変形させ、構造物の長さや姿勢を精密に制御することができる。

また、本発明にかかる工作機械の姿勢制御装置は、ツールを把持
20 および駆動するヘッド部を固定台座に取り付け支持する中空状コラム部の周方向に互いに対向して対以上配置され、コラム部壁面を加熱または冷却して熱変位を発生させるコラム部用熱アクチュエータ
と、コラム部用熱アクチュエータが取り付けられたコラム部壁面に設
置され、温度変化、ツールの加工反力等により発生するコラム部壁
25 面の変位量を検出する変位センサと、変位センサが検出した変位量にもとづいて、予め設定されているツール位置を保持するようにコラム部を伸縮させる熱アクチュエータ制御信号を出力する制御部とを備えている。

これにより、コラム部壁面に変位が発生すると、制御部が熱アクチュエータを駆動してコラム部を伸縮させる。その結果、ツールを所定の位置に保持して工作機械の加工精度を向上させることができる。

5

図面の簡単な説明

第1図は本発明にかかる姿勢制御装置の一実施例の斜視図、第2図はその縦断面図、第3図は他の実施例の平面図、第4図は第3図の正面図、第5図～第8図は第3図、第4図の実施例の動作説明図、
10 第9図は別の実施例の正面図、第10図および第11図は第9図の実施例の動作説明図、第12図は他のアクチュエータの実施例の斜視図、第13図は他の実施例の斜視図、第14図は第13図の主要部の斜視図、第15図、第16図および第17図はそれぞれアクチュエータの他の実施例の縦断面図、第18図は第17図のA-A線
15 断面図、第19図はアクチュエータの他の実施例の縦断面図、第20図は第19図のB-B線断面図、第21図はアクチュエータの他の実施例の縦断面図、第22図および第23図は他の実施例の斜視図、第24図は別の実施例を示す斜視図、第25図は更に別の実施例を示す斜視図、第26図は本発明にかかる姿勢制御装置をマシニング・センタに適用した実施例の断面図、第27図は第26図のC-C線断面図、第28図は他の実施例の主要部の外観図、第29図は第28図の横断面図、第30図は第29図のD-D線断面図、第31図～第34図はコラム部の制御モード例を示す説明図、第35図～第38図はヘッド部の制御モード例を示す説明図、第39図は
25 従来における熱変位発生の説明図である。

本発明を実施するための最良の形態

本発明を一層明確にするために、添付図面に従ってこれを説明す

る。第1図及び第2図において、上下の各端部にフランジ1 a, 1 bを形成した棒状の構造物1は、内部に冷却水循環用の冷却水路2を有する。フランジ1 aの側面に形成された入口2 aから冷却水が供給されると、この冷却水は冷却水路2を通過してフランジ1 bの側面に形成された出口2 bから排出される。また、構造物1の外周には一様にヒータ3が巻付けられ、構造物1を外周表面から加熱することができる。

フランジ1 bの背面の対角線上に、変位センサとしてのレーザ測長器4, 5の発光部4 a, 5 aが設置され、その受光部4 b, 5 bが対応するフランジ1 a背面の対角線上に配設されている。これらレーザ測長器4, 5が測定したフランジ1 a, 1 bの面間寸法の平均値により、構造物1の軸方向変位量が検出される。

この構造物1は、フランジ1 a, 1 bに形成されている取付け孔1 c, 1 dにより、支持対象部材に固定される。そして、レーザ測長器4, 5が検出した構造物1の変位量に応じ、構造物1が縮小している場合はヒータ3により加熱して構造物1を加熱膨張させ、正規の寸法に補正する。反対に、構造物1が膨張している場合は、冷却水路2に、図示しないチラー等から冷却水を供給して構造物1を冷却縮小させ、正規の寸法に補正する。

これらの加熱と冷却の制御は、図示しない制御部により、レーザ測長器4, 5による測定値にもとづいておこなわれる。ここで制御される寸法は、構造物1の材質固有の熱膨張率と加熱または冷却の温度差に応じた値となる。構造物1に圧縮または引張り応力が加えられている場合は、その応力に応じて発生している歪みに、熱変位量が加算または減算された値が制御寸法となる。この場合、伸縮範囲内でも構造物1は、その弾性変形または熱変形による伸縮範囲内で調整されることになる。この構造物1の伸縮変化は、単

に正規の寸法からずれた場合の補正に限らず、積極的に活用して、フランジ 1 a, 1 b に固定された支持対象部材の微小な位置調整にも用いられる。

5 なお、実施例では構造物 1 内部を冷却し、外部表面を加熱するものとしたが、内部を加熱し、外部を冷却することも可能である。また内部の冷却水路 2 に循環させる水温の調節により加熱、冷却することも可能である。更に、外部のヒータ 3 をヒートパイプ等により構成して、外部から構造物 1 の温度を調節して伸縮量を調節することも可能である。

10 なお、いずれの加熱、冷却の場合でも、構造物 1 を半径方向の温度勾配を軸対称にして、構造物 1 自体に反りやたわみが発生しないようにすることが必要である。

また、変位センサを中心軸上に設置することも可能であり、その場合は変位センサを 1 個にすることができる。

15 さらには、冷却水路 2 を循環させる液体としては、冷却水以外に他のオイル、ガス体等の熱媒体を用いることもできる。

またさらには、構造物 1 を伸縮させるための駆動源として、構造物 1 の内部に油圧シリンダを内蔵することも可能である。油圧シリンダを用いた場合は、油温を一定に維持する必要があるが、伸縮量
20 および加圧力の制御が容易で、しかも応答性にすぐれる。

また、構造物 1 の変位量を測定するセンサとしては、構造物 1 の弾性変形または熱変形を検出できるものであればよく、具体的にはひずみゲージ、差動変圧器、ポテンシオメータ等が用いられる。いずれにしても、変位センサは測定対象およびセンサ自体に温度変化
25 が生じてても、温度の影響を受けることなく正確に発生した変位量を測定できることが必要である。ひずみゲージの場合、材質にスーパーインバを用いたものであれば、約 60°C 以下は温度に影響されることなく正確な測定が可能である。

なお、第1図、第2図に示した構造物1は、後述する中空筒状構造物のアクチュエータとしても用いることができる。

第3図および第4図は、他の実施例を示している。

図において、中空筒状構造物である角パイプ状の構造物6の対向する2面内部には、パネル状の冷却アクチュエータ7C、8Cが設置される。その外側には、同様なパネル状の加熱アクチュエータ7H、8Hが設置される。冷却アクチュエータ7C及び加熱アクチュエータ7Hと、冷却アクチュエータ8C及び加熱アクチュエータ8Hとでそれぞれ1対のアクチュエータ7、8を構成する。

さらに構造物6の外側の加熱アクチュエータ7H、8Hの両脇には、軸方向に変位センサS1～S4が設置されており、これらの変位センサS1～S4によって構造物6の軸方向変位量を検出する。

この構造物6は、本来、その上部または下部に支持対象構造物が連続しているものであるが第3図、第4図では便宜上、アクチュエータ7、8および変位センサS1～S4が設置された部分のみを図示している。

冷却アクチュエータ7C、8Cは具体的な構造を図示していないが、内部に冷却水の循環パイプを配設しておき、図示しないチラー等により冷却水を供給循環して、接触している構造物6の壁面を冷却し収縮させる。加熱アクチュエータ7H、8Hについても、具体的な構造を図示していないが、電気ヒータからなる面発熱体により構成し、電流の供給により、接触している構造物6の壁面を加熱し膨張させる。これらのアクチュエータ7、8はいずれも薄型に形成可能であるため構造物6の内側や外側に大きくスペースを占有することがない。

この実施例では、加熱アクチュエータ7H、8Hの両脇に設置された変位センサS1～S4が、構造物6の各壁面の軸方向の変位量を検出する。この変位量の平均値が壁面ごとに算出され、この平均

値に応じて図示しない制御部がアクチュエータ 7, 8 の加熱または冷却の制御をおこない、それぞれの壁面を伸縮調整する。なお、変位センサ S 1 ~ S 4 としては、本出願人の出願にかかる構造物の変形検出器（特願平 1-234428 号）が、この種の温度変形や弾性変形等の微小な変位量を精密に測定できるため最適である。

第 5 図～第 8 図は、冷却アクチュエータ 7 C, 8 C および加熱アクチュエータ 7 H, 8 H の動作と、構造物 6 の寸法の変化、姿勢の変化を示した説明図である。第 5 図は、構造物 6 の雰囲気温度が一定で上下から均等な圧縮または引張り荷重を受けている状態である。アクチュエータ 7, 8 はいずれも作動しておらず構造物 6 の軸方向寸法は h で上下面は平行に保持されている。

第 6 図は、構造物両外面の黒くマーキングした加熱アクチュエータ 7 H, 8 H が作動して壁面を均等に加熱した場合を示し、構造物 6 の軸方向寸法は Δh_1 膨張し、上下面は平行に保持されている。

第 7 図は、構造物両内面の黒くマーキングした冷却アクチュエータ 7 C, 8 C が作動して壁面を均等に冷却した場合を示し、構造物 6 の軸方向寸法は Δh_2 収縮し、上下面は平行に保持されている。なお、第 5 図、第 6 図における変位量 Δh_1 , Δh_2 は、加熱アクチュエータ 7 H, 8 H または冷却アクチュエータ 7 C, 8 C の加熱量または冷却量に応じて構造物 6 の壁面温度を調節することにより任意に調整可能である。

第 8 図は、構造物左側内面の黒くマーキングした冷却アクチュエータ 7 C と、構造物右側外面の加熱アクチュエータ 8 H が作動して、左側壁面を冷却収縮させ、右側壁面を加熱膨張させた場合を示す。構造物 6 の上面は反時計方向に角度 α 傾斜し、上面の中心位置は左側に距離 e 移動する。つまり、構造物 6 が首振り動作をすることになる。首振り角度 α および中心の移動距離 e は、各アクチュエータ 7, 8 の加熱および冷却の度合いに応じて任意に調整可能である。

この首振り動作は、壁面に対するアクチュエータの加熱および冷却を反対側に切り換えることにより、首振り方向が反対になる。すなわち、この実施例では、上下方向の伸縮と、左右首振りの2自由度が得られることになり、従って、構造物6に連続している支持対象構造物の上下移動と傾斜角度とを、構造物6の熱膨張により得られる変位量のオーダで精密に制御することができる。

第9図～第11図は別の実施例である。

この実施例は、第3図～第8図における構造物6と同一構成の構造物9a, 9bを、それぞれのアクチュエータの設置面を一致させて2段に重ねて構成したものである。構造物9aと9bとの接合部には、熱絶縁するために冷却水路15を形成して、上下の構造物9a, 9b間の熱移動を防止する構造としている。なお、図では省略しているが、構造物9aの下端および構造物9bの上端にも同様に冷却水路を形成して、支持対象構造物との熱絶縁をはかっている。

10 この支持対象構造物との熱絶縁方法は第1図及び第2図の実施例にも適用することができる。また、この実施例の平面図は、第3図に示した平面図とほぼ同様であるので省略している。

なお、第9図において、変位センサS7, S8は構造物9aの手前面に設置されて壁面の軸方向の変位を検出する。また、構造物9aの背面側には、図示されていないが別の変位センサが設置されている。変位センサS11, S12は構造物9bの手前面に設置されて壁面の軸方向の変位量を検出する。また、構造物9bの背面側にも別の変位センサが設置されている。

20

第10図に示すように、構造物9a, 9bのそれぞれの相対する壁面の外側に加熱アクチュエータ11H～14Hが設置され、壁面の内側には冷却アクチュエータ11C～14Cが設置されている。これらの各アクチュエータ11～14は、対応する変位センサが検出した変位量に応じ、図示しない制御部により、構造物9a, 9b

を加熱または冷却するように制御される。

この実施例では、構造物 9 a, 9 b を 2 段にし、さらに構造物 9 a, 9 b を第 3 図、第 4 図の構造物 6 と同一に構成した場合、変位量と、首振角度と、首振りにともなう中心の移動距離とが理論的に 2 倍まで増加する。また、アクチュエータ 11 ~ 14 の動作の組合せが第 3 図、第 4 図の場合よりも増えるため、複雑な制御が可能となり、より高度な姿勢制御ができる。

例えば、第 10 図に示すように、下段の構造物 9 a を反時計方向に角度 β 傾け、上段の構造物 9 b を時計方向に同じく角度 β 傾けた場合、構造物 9 b の上面は構造物 9 a の下面と平行になり、構造物 9 b の中心軸のみが左方向に距離 f 移動する。この移動距離 f は、構造物 9 a, 9 b の傾斜角度 β を変えることにより、任意に調節することができるので、第 3 図、第 4 図の実施例では実現できなかった首振りのない水平移動が可能になる。

なお、第 10 図とは反対に構造物 9 a を時計方向に傾け、上段の構造物 9 b を反時計方向に傾けると、中心軸を右側に移動することができる。

また、第 11 図に示すように、下段の構造物 9 a を反時計方向に角度 γ 傾け、上段の構造物 9 b を時計方向に下段の約 3 倍、すなわち角度、約 3γ 傾けた場合、構造物 9 b の上面は構造物 9 a の中心軸に対して時計方向に角度 2γ 傾斜した首振りをする。このとき、構造物 9 b の中心軸は下段の構造物 9 a の中心軸と一致している。

すなわち、上段の構造物 9 b の傾斜角度を下段の構造物 9 a の傾斜角度の約 3 倍にして、しかも互いに反対方向にすることにより、構造物の軸心を移動させずに首振りだけを実現することができる。その結果、この実施例では、上下方向の伸縮、左右首振り、水平方向の移動の 3 自由度が得られることになり、構造物 9 a, 9 b に連続している支持対象構造物について、より多様な姿勢制御ができる

ようになる。

第12図は、アクチュエータの別の実施例を示している。このアクチュエータ16は加熱および冷却を兼用したものであり、パネル形状をした本体内部に冷却液体の通路17が形成されている。通路17の入口17aから流入した冷却液体は、アクチュエータ16内のほぼ全域を通過した後、出口17bから排出される。アクチュエータ16の上面には同様にヒータ装着用の溝部171が形成されており、加熱源として、図示しないシーズヒータが装着される。

このアクチュエータ16は、シーズヒータを装着した状態で、四隅に形成された取付け孔16aにより、構造物の表面に密着するように取付け固定される。これにより、構造物の加熱と冷却を壁面の片側だけに設置した1個のアクチュエータ16によりおこなえるので、アクチュエータ16の取付けおよび管理が簡単になる。

次に、更に別の実施例について説明する。第3図ないし第5図の実施例では、アクチュエータおよび変位センサを対向する2つの壁面にそれぞれ設置していたが、残りの2面にもアクチュエータおよび変位センサを設置してもよい。すなわち、断面が角パイプ状の構造物の4面すべてについて、対向する壁面ごとに伸縮制御することにより、第3図、第4図の実施例にくらべ、首振りの方向が1方向増して、3自由度が得られる。

具体的な構成としては、第3図において、アクチュエータと変位センサの設置されていない左右の2面に同様にアクチュエータと変位センサを設置することにより実現できる。その動作は第5図～第8図に示したものとほぼ同様になり、第8図に示される上面の傾き方向の平面がもう1方向増すことになる。しかも、その2方向の傾きを組合せることにより、構造物を360度全方位に傾斜させることが可能となる。

次に、この具体的な実施例を、第13図、第14図により説明す

る。第 1 3 図において、桁構造をした中空の四角柱を 3 区画 1 8 a
～ 1 8 c に区分して構成された構造物 1 8 の区画 1 8 a 内であって、
構造物 1 8 の長手方向と平行な内側四隅に、シリンダ状のアクチュ
エータ 1 9 ～ 2 2 が区画壁間に取り付け固定されている。これらのア
クチュエータ 1 9 ～ 2 2 は、通常、制御する方向に応じて 2 個ずつ
対になり、側壁を一様に伸縮駆動する。その結果、区画 1 8 c の部
分に矢印で示すように、構造物 1 8 の長手方向の伸縮と縦方向、横
方向の首振りの 3 自由度の制御が可能になる。

区画 1 8 a の外周壁面または各アクチュエータ 1 9 ～ 2 2 には変
位センサ（図示せず）が設置されており、この変位センサが検出し
た変位量に応じて各アクチュエータ 1 9 ～ 2 2 の伸縮量が調節制御
される。区画 1 8 a 内部をより詳細に示したのが第 1 4 図である。
シリンダ状のアクチュエータ 1 9 ～ 2 2 は、油圧シリンダであっても、
あるいは加熱・冷却により内蔵する膨張体を伸縮させる熱アク
チュエータであっても良い。

図では熱アクチュエータを用いており、アクチュエータ 1 9 ～ 2
2 の各ヘッドカバー 1 9 a ～ 2 2 a を貫通して屈曲可能なヒートパ
イプ 2 3 がアクチュエータ内部にそれぞれ挿通されている。ヒート
パイプ 2 3 の端部は熱交換器 2 4 内部に挿入されて熱交換器 2 4 内
部の冷却水により熱交換される。熱交換器 2 4 によりアクチュエー
タ 1 9 ～ 2 2 を冷却し、温度変化を生じさせアクチュエータ 1 9 ～
2 2 が伸縮駆動力を発生する。

第 1 5 図は、アクチュエータ 1 9 の内部構造を示す断面図であり、
ヘッドカバー 1 9 a に連なる断面コ字状部材と他端のエンドカバー
1 9 b に連なる断面コ字状部材とが組み合わされる。これらの部材
の他端部 1 9 c, 1 9 d 間に非圧縮性の断熱材 2 9 a, 2 9 b を介
して膨張体である伸縮部材 2 7 が保持されている。伸縮部材 2 7 は、
外周を断熱材 2 8 により被覆されて外気と断熱されている。伸縮部

材 2 7 の内部にはヒートパイプ 2 3 およびシーズヒータ 2 5、熱電対 2 6 が埋設されている。ヒートパイプ 2 3 の他端は熱交換器 2 4 内に挿通されて冷却水により熱交換され、伸縮部材 2 7 から吸熱して伸縮部材 2 7 を冷却する。

- 5 このアクチュエータ 1 9 では、ヒートパイプ 2 3 により伸縮部材 2 7 から常時熱を吸収させて伸縮部材 2 7 を一定温度以下に維持しておき、加熱の必要がある場合のみシーズヒータ 2 5 に通電して、熱電対 2 6 を監視しながら伸縮部材 2 7 を所定温度まで加熱することにより、伸縮量を調節する。具体的には、伸縮部材 2 7 が冷却された場合にヘッドカバー 1 9 a とエンドカバー 1 9 b 間が拡大し、伸縮部材 2 7 が加熱された場合にヘッドカバー 1 9 a とエンドカバー 1 9 b 間が縮小される。これを利用して、通常はアクチュエータ 1 9 を引っ張り状態で支持対象構造物に取付け固定しておき、さらに支持対象構造物の間隔をせばめて姿勢制御しようとする場合に、
10 伸縮部材 2 7 を必要な収縮量が得られる温度まで加熱する。
15

また、他の使い方としては、シーズヒータ 2 5 を常時、加熱しておき、熱交換器 2 4 の水温を調節することで伸縮部材 2 7 の温度調節をすることもできる。いずれにせよ、シーズヒータ 2 5 の加熱量とヒートパイプ 2 3 の冷却量の相対的な大小により、伸縮部材 2 7
20 の温度が調節される。

なお、通常はアクチュエータ 1 9 を取付けた状態で、ヘッドカバー 1 9 a とエンドカバー 1 9 b 間に引張り荷重を加えて伸縮部材 2 7 に圧縮応力を発生させて歪みを生じるようにしておく。そして、この歪みを調整するために伸縮部材 2 7 の温度を調節して伸縮部材
25 2 7 に熱応力を発生させる。そして、外部から加えられる応力と拮抗させながら歪み量を調節し、最終的にヘッドカバー 1 9 a とエンドカバー 1 9 b 間の寸法を所望の値に調整する。

第 1 6 図はシリンダ状の熱アクチュエータの他の実施例を示して

いる。このアクチュエータ 3 1 は、断面ハット状をしたエンドカバー 3 2 の底部に形成された孔に、外部にシーズヒータ 3 3 が巻付けられた筒状の伸縮部材 3 4 が同心状に接続される。伸縮部材 3 4 の他端部には蓋部 3 5 が一体的に固定されている。

5 この蓋部 3 5 の内側に非圧縮性の断熱材 3 6 を介して伸縮部材 3 7 が中心軸方向に接続される。伸縮部材 3 7 の他端には同様に非圧縮性の断熱材 3 8 を介して、円盤状のヘッドカバー 3 9 が接続されている。ヘッドカバー 3 9 および断熱材 3 8 を貫通して、伸縮部材 3 7 の左端近くまで、ヒートパイプ 4 1 が挿通されている。

10 このアクチュエータ 3 1 では、シーズヒータ 3 3 を加熱して伸縮部材 3 4 を膨張させた場合と、ヒートパイプ 4 1 が伸縮部材 3 7 を冷却して伸縮部材 3 4 を収縮させた場合に、エンドカバー 3 2 とヘッドカバー 3 9 との面間寸法が狭まる。また、このアクチュエータ 3 1 の伸縮量は、シーズヒータ 3 3 の加熱量とヒートパイプ 4 1 の
15 冷却量とにより調整可能であり、アクチュエータ 3 1 は前記アクチュエータ 1 9 とほぼ同様に作用する。

 第 1 7 図、第 1 8 図はシリンダ状の熱アクチュエータの他の実施例を示す。アクチュエータ 4 2 は、第 1 7 図、第 1 8 図に示されるように、ヘッドカバー 4 3 とエンドカバー 4 4 とが交互に組み込まれ、それらの他端 4 3 a, 4 4 a の間に非圧縮性の断熱材 4 5, 4
20 6 を介して、筒状の伸縮部材 4 7、円板 4 8 が押圧または接着されて構成される。

 伸縮部材 4 7 の中空部 4 7 a には、ヘッドカバー 4 3、エンドカバー他端 4 4 a、断熱材 4 6、円板 4 8 を貫通して冷却用のヒート
25 パイプ 4 9 および加熱用のシーズヒータ 5 1 が挿通される。シーズヒータ 5 1 はヒートパイプ 4 9 の外周の中空部 4 7 a に螺旋状に配設されている。また、伸縮部材 4 7 には、熱電対 5 2 の本体部が挿入されるとともに、伸縮部材 4 7 の外周は断熱材 5 0 により被覆さ

れている。なお、第18図に示すエンドカバー44の四隅には取付け孔44bが形成されており、ヘッドカバー43にも同様に取付け孔が形成されて、アクチュエータ42の取付け時に使用される。

このアクチュエータ42も、前記のアクチュエータ19, 31と同様に、引っ張り状態、つまり伸縮部材47を押圧状態にして支持対象構造物に取付け固定しておき、冷却用のヒートパイプ49および加熱用のシーズヒータ51を用いた温度調節により、ヘッドカバー43とエンドカバー44との面間寸法を所望の値に調整することができる。

第19図、第20図は同じくシリンダ状の熱アクチュエータの他の実施例を示している。

アクチュエータ54は、図に示されるように、円筒部の一部を切欠いた断面コ字状のエンドカバー55, 56が交互に組み込まれ、それらの他端55b, 56bの間に非圧縮性の断熱材57, 58を介して、棒状の伸縮部材59が押圧または接着されて構成される。伸縮部材59は外周を断熱材61により被覆されるとともに、その中心部にはエンドカバー他端55b、断熱材57を貫通して温度調節用のヒートパイプ62が挿通されている。

このアクチュエータ54も、前記のアクチュエータ19, 31, 42と同様に、引っ張り状態、つまり伸縮部材59を押圧状態にして支持対象構造物に取付け固定しておき、温度調節用のヒートパイプ62を、図示しない他の加熱または冷熱源に接続して必要な温度に調整することにより、エンドカバー55, 56の面間寸法に必要な値が得られる。

なお、第17図のアクチュエータ42及び第19図のアクチュエータ54は、ヘッドカバー43、エンドカバー44、およびエンドカバー55, 56をとともに一体構造として構成される。実際の製作時にはヘッドカバー43、エンドカバー44のうちいずれか一方、

または、エンドカバー 55, 56 のうちいずれか一方を分割しておき、相互の組立が済んでから溶接等により一体構造とすることによりアクチュエータ 42, 54 を組立てることができる。

第 21 図はシリンダ状の熱アクチュエータの他の実施例を示している。このアクチュエータ 64 は、圧縮、引張りの両方向の作動を可能にしたものである。ステンレス鋼 (SUS304) 等からなる棒状の伸縮体 65 の中央部外周に 2 条の螺旋溝を形成し、一方の溝 65a には加熱用のシーズヒータ 66 を巻付け、他の溝 65b には冷却水管 67 を巻付け、さらにそれぞれの溝内に伝熱セメントを充填・被覆して熱伝達の効率化をはかっている。

螺旋溝 65a, 65b の開始部および末端部の外方にはさらに一段深い溝 65c, 65d を形成し、冷却水管 67 とは別系統の冷却水管 68, 69 を巻付けて伸縮体 65 の中央部と両端部との熱の出入りを防止している。同様に伸縮体 65 の熱絶縁のため外周部には断熱材 71 が被覆され、溝 65c, 65d の内側面には断熱材 72, 73 が被覆されて伸縮体 65 の中央部の外気に対する放熱および吸熱を防止している。

伸縮体 65 の両端には、ピン取付け用孔 74, 75 をそれぞれ有する一山クレビス部 76 と二山クレビス部 77 が形成されている。また、伸縮体 65 には、中心部の温度を測定する熱電対 78 と表面近くの温度を測定するための熱電対 79 が設けられて、伸縮体 65 の温度が検出される。

このアクチュエータ 64 は、取付けられる支持対象構造物の変位情報にもとづき伸縮動作をする。支持対象構造物を膨張させようとする場合は、シーズヒータ 66 に通電して伸縮体 65 を加熱し、所定の長さまで熱膨張させる。また、支持対象構造物を収縮させようとする場合は、シーズヒータ 66 の通電を停止するとともに、冷却水管 67 に冷却水を循環させて伸縮体 65 を冷却し、伸縮体 65 を

所定の長さまで熱収縮させる。これらの加熱または冷却は、熱電対 78, 79 が検出した伸縮体 65 の温度を監視しながらおこなわれる。さらに、シーズヒータ 66 へ供給する電流値を調整したり、冷却水温度を調整したり、供給間隔を小刻みに断続すること等により、
5 アクチュエータ 64 の伸縮量を一層精密に安定して調整することができる。

以上説明した各熱アクチュエータ 19, 31, 42, 54, 64 では、取付け構造物の用途に応じて予め作動時の零点を高温度に設定しておく、加熱用熱源を備えるだけで、専用の冷却装置を備える必要がなく、大気による自然冷却で作動させることができる。
10

第 22 図は、第 13 図に示した実施例を変形したものである。中空な四角柱形状をした構造物 81 の 1 区画に、第 13 図と同様に、四隅長手方向にアクチュエータ 82 ~ 85 を設置するとともに、各面の対角線上にもアクチュエータ 86 ~ 89 を設置したものである。
15 アクチュエータ 82 ~ 89 は、油圧シリンダまたは第 21 図に示したアクチュエータ 64 が適当である。

この実施例は、四隅長手方向にアクチュエータ 82 ~ 85 を伸縮制御する以外に、各面の対角線上に設置されたアクチュエータ 86 ~ 89 を適宜伸縮調整することで構造物 81 の軸方向の振じれを発生させることが可能になる。この実施例によると、第 13 図の実施例よりも自由度が増し 4 自由度の制御を可能とすることができる。
20

第 23 図は、第 22 図における構造物 81 のアクチュエータ取付け面に設置した変位センサ S21 ~ S28 等の配置を示すものである。変位センサ S21 ~ S28 は、各面の対角線上に 2 個ずつ配置され、各センサの検出値の処理により、各面の軸方向の伸縮変位量および振じれを検出することができる。
25

第 24 図は、第 22 図の実施例よりも設置アクチュエータの数を少なくした実施例を示しており、各面の隅から対辺の midpoint の間に

それぞれ2個のアクチュエータ91, 92と93, 94と95, 96と97, 98とが設置される。この場合も、4面それぞれのアクチュエータの伸縮を組み合わせることで構造物81の軸方向に関する伸縮、首振りおよび振じれを発生させることができる。

- 5 第25図は、第22図に示した実施例とほぼ同様にアクチュエータを設置して構成した箱型梁構造の構造物を示している。

図示するように、6面体である箱型梁構造体100の角部101～108に8本のアクチュエータ109～116を接続して各アクチュエータを伸縮制御することにより、箱型梁構造体100に伸縮、
10 首振り、振じれを生じさせることができる。

この箱型梁構造体100の制御動作としては、例えば、角部101～104により囲まれる面に対して角部105～108により囲まれる面の中心点Oの位置変化(x, y, z)と、 x, y, z 各軸まわりの微小角度変化(θ, ϕ, ψ)とが、アクチュエータ109
15 ～116のそれぞれの伸び量 a, b, c, d, e, f, g, h の関数として制御される。

なお、第9図に示した構造物9aと9bでは、各段の対向する2面のみにアクチュエータを設置して構造物9aと9bの姿勢を3自由度により制御していた。しかるに、第9図の実施例において、各
20 アクチュエータの設置面を各段とも4面にして2段8面の構成にし、同時に変位センサも各面に設置することにより、5自由度の制御をすることができる。

また同様に、第13図、第14図では、構造物18の区画18aにのみ、その長手方向の四隅にアクチュエータを設置して、構造物
25 18の姿勢を3自由度により制御した。しかるに、第13図、第14図の実施例において、区画18aのとなりの区画18bについても同様に長手方向の四隅にアクチュエータを設置すれば、構造物18を制御できる自由度が5となる。

また、第3図、第4図に示した実施例は構造物6の2面制御であり、第13図、第14図、第22図、第24図に示した実施例は構造物18の4面制御である。これら以外に構造物を3角柱や5角柱等からなる中空の多角柱または円筒として、その構造物の全面または任意の面にアクチュエータおよび変位センサを設置することにより、3面もしくは5面以上を用いた中空多角柱または円筒の姿勢制御が可能となり、構造物を精密に姿勢制御することができる。

また、第13図、第22図等に示した実施例は、いずれも構造物の軸方向に対して外周に位置する面にアクチュエータおよび変位センサを設置したものである。図示しないが、軸方向と垂直に位置する面にもアクチュエータおよび変位センサを設置することも可能である。また、構造物も中空筒状構造物に限定されるものでなく、各種多面体についても同様にアクチュエータおよび変位センサを各面に設置して、多面体からなる構造物の姿勢制御をおこなうことができる。

このように、本発明にかかる構造物の姿勢制御装置では、従来、構造物それ自体の温度変化により発生する微細な寸法変化についても、構造物自体を加熱または冷却して温度調節して補正することはもちろん、従来不可能であった超精密な姿勢制御を数 μ m単位で実施可能にしたものである。また構造物自体を加熱または冷却することなく、別体のアクチュエータにより構造物を強制的に弾性変化させることによっても同様に寸法変化の補正や超精密な姿勢制御が可能となり、各種の産業機械および測定装置等の多方面における超精密な姿勢制御の用途を拡大することができる。

なお、実施例においてアクチュエータや構造物に冷却水を循環させる場合に、冷却水の代わりに一定温度に調節したオイル、ガス体その他の熱媒体を用いて循環させることも可能である。

また、実施例中における制御部は、具体的な構成を図示しないが、

通常は電気回路により構成され、熱アクチュエータの温度調節や、油圧シリンダの伸縮量制御等をおこなうものである。制御部により、予め設定されている本来の構造物の姿勢を維持させる場合は、変位センサが構造物の変位を検出すると、その検出値にもとづいて変位を補正するためのアクチュエータの駆動信号が出力される。また、制御部は、構造物が入力指定された姿勢に一致するように精密に制御する場合、変位センサの検出値を確認しながらアクチュエータの駆動信号を出力する。

次に、第26図及び第27図は本発明にかかる工作機械の姿勢制御装置をマシニング・センタに適用した実施例である。

第26図及び第27図において、基台206上に固定されたコラム部214は中空に形成され、内部にヘッド部212のバランスウェイト207が吊り下げられている。ヘッド部212はコラム部214の前面に形成されたガイド部により上下動自在に支持されるとともに、コラム部214の上部に取り付けられたサーボモータ215、およびボールスクリュウ216により上下方向の位置制御がおこなわれる。

また、ヘッド部212の下面先端にはツール取付け部217が配設されて加工作業に応じたツール211が着脱自在に把持される。ツール211は、ヘッド部212の上部に設置されているモータ213により、図示しない減速機構を介して駆動される。

ワークWはテーブル218上に固定され、駆動機構部208によりテーブル218がX、Y方向に移動してツール211がワークWを加工する。また、コラム部214は、中空の角柱状に形成されて内部周方向にリブが一定間隔で形成されている。これらのリブにより区分された区画部のうち下方基台206寄りに形成されている2段の区画部の内周面に各々8個の熱アクチュエータが設置される。なお、下段の熱アクチュエータ221～228を第27図に示す。

また、上段の熱アクチュエータについては、便宜上、4個の熱アクチュエータ231～234のみを第26図に示す。この熱アクチュエータは電子冷却・加熱が可能な熱半導体素子により構成され、電流方向を変えることにより壁面との接触面を加熱または冷却することができる。

さらに、上下2段の熱アクチュエータがそれぞれ設置されている区画の境界およびその上下のリブが形成されている位置のコラム部214の部材中の周方向に、第26図に示すように流路219、229、239が形成されている。これらの流路219、229、239の内部を、区画間を熱絶縁するために所定温度のオイルが循環する。また、第27図の上・下両辺に相当するコラム部214の両側面の端部には、それぞれ歪みゲージ等からなる温度補償付きの変位センサS51～S54が取付けられ、コラム部214の伸縮による変位量を検出する。検出された変位量は、図示しない制御部に入力された後、その変位量に応じて、上下2段に配設された16個の熱アクチュエータに供給する電流方向を個別に制御する。

なお、ヘッド部212にも変位センサを設け、これらが検出した変位量も加味して上記熱アクチュエータの動作を制御してもよい。このようにして、コラム部214の熱アクチュエータが設置されている壁面が加熱または冷却されると、その温度に応じて伸縮量が適宜調整され、モータ213等の発熱およびツール211の加工反力による弾性変形が合成されて、ツール211に発生する位置変位が補正される。その結果、ツール211は、本来の位置が精密に保持されることになり、従来よりも高精度で加工をおこなうことができる。

第28図～第30図は別の実施例である。

この実施例が第26図と異なる部分は、ヘッド部212にも熱アクチュエータおよび断熱部を設置するとともに、コラム部214お

2 2

よびヘッド部 2 1 2 に設置する熱アクチュエータを電熱ヒータとオイルジャケットの組合せにより構成したことである。具体的には、第 2.6 図と同様にコラム部 2.1 4 において一定間隔で形成されたりブにより区分された下方基台 2.0 6 寄りの下段の区画部の外周面に冷却用の 8 個の熱アクチュエータが設置される。また、コラム部 2.1 4 の上段に冷却用の 8 個の熱アクチュエータがそれぞれ設置される。なお、第 2.8 図では便宜上、合計 8 個の冷却用の熱アクチュエータ 2.4 5 a ~ 2.4 8 a, 2.5 5 a ~ 2.5 8 a を示してある。これらの 16 個の熱アクチュエータはオイルジャケットにより形成されている。そして、図示されない別置きのオイルクーラから供給される低温のオイルがオイルジャケットに循環し、上記 16 個の熱アクチュエータが低温となり、これらと接触するコラム部 2.1 4 の壁面を冷却する。

また、上記 16 個の冷却用の熱アクチュエータに相対して、コラム部 2.1 4 の内周面には加熱用の 16 個の熱アクチュエータが下段、上段にそれぞれ設置される。第 2.9 図には、このうち、上段の熱アクチュエータ 2.5 1 b ~ 2.5 8 b を示してある。加熱用の 16 個の熱アクチュエータは、面状の電熱ヒータにより形成されている。これらの電熱ヒータに電流が供給されることにより、16 個の熱アクチュエータが発熱して高温となり、接触するコラム部 2.1 4 の壁面を加熱する。

それぞれ対をなす加熱または冷却用の 32 個の熱アクチュエータは動作の際、内外面の何れか一方が動作して取付けられているブロックを加熱または冷却する。さらにコラム部 2.1 4 の両側面の端部には、第 2.9 図に示すように、変位センサ S 5 1 ~ S 5 4 が取付けられ、これらの変位センサ S 5 1 ~ S 5 4 がコラム部 2.1 4 の軸方向の変位量を検出する。

また、ヘッド部 2.1 2 は中空のフレームにより形成され、フレ-

2 3

- ムの上下 2 段外周部に各 6 個ずつ合計 12 個の冷却用の熱アクチュエータがそれぞれ設置されている。なお、第 29 図では便宜上、上段の 6 個の熱アクチュエータ 272a ~ 277a のみを示してある。フレーム内周 4 面には、上下 2 段に各 8 個ずつ合計 16 個の加熱用の熱アクチュエータがそれぞれ設置されている。なお、第 29 図では便宜上、上段の 8 個の熱アクチュエータ 271b ~ 278b のみを示してある。さらにコラム部 214 寄りのフレーム部材の内部に、ヘッド部 212 とコラム部 214 とを熱絶縁するため、冷却オイル循環用の流路 269 が水平方向に等間隔に形成されている。
- 10 これら冷却用の 12 個の熱アクチュエータも、コラム部 214 と同様にオイルジャケットにより形成され、また、加熱用の 16 個の熱アクチュエータは面状の電熱ヒータにより形成されている。これらのアクチュエータにそれぞれ低温オイルまたは電流が供給されることにより、接触するヘッド部 212 の各ブロックを冷却または加熱する。
- 15 なお、第 28 図において、265a ~ 267a は冷却用の熱アクチュエータ、第 30 図において、241a, 244a は冷却用の熱アクチュエータ、241b ~ 244b は加熱用の熱アクチュエータ、264a は冷却用の熱アクチュエータ、261b ~ 264b は加熱用の熱アクチュエータである。
- 20 さらに、第 28 図に示すように、ヘッド部 212 の側面に配置された熱アクチュエータ 266a, 267a, 276a, 277a 相互の中心位置、および上下端に、それぞれ水平方向に配置された歪みゲージ等からなる温度補償付きの変位センサ S55 ~ S57 が取付けられる。また、図示しない後面にも同位置に 3 個の変位センサ
- 25 が取付けられてヘッド部 212 に発生する変位量を検出する。
- これら 6 個の変位センサが検出した変位量は、図示しない制御部に入力された後、その変位量に応じて各熱アクチュエータの加熱ま

2.4

たは冷却が制御される。そして、熱アクチュエータが設置されているヘッド部 2 1 2 の各面をブロックごとに加熱または冷却することにより、各面の伸縮量を適宜調整してツール 2 1 1 の先端に発生する変位を補正し、ツール 2 1 1 の本来の位置を保持して加工をおこなうことができる。

第 3 1 ～ 第 3 4 図は、上述した第 2 6 図または第 2 7 図の実施例において、コラム部 2 1 4 の各熱アクチュエータの動作を組合せた制御モードの代表的な例を示すものである。これらの図中、“C”と表示したアクチュエータは冷却中を、“H”と表示したアクチュエータは加熱中を表す。

第 3 1 図は上下段ともヘッド部側の右側を“C”と表示したように冷却し、左側を“H”と表示したように加熱したモードであり、コラム部 2 1 4 が右側に角度 θ 、傾斜することを示す。

第 3 2 図は上下段ともヘッド部側の右側を加熱し、左側を冷却したモードであり、コラム部 2 1 4 が左側に角度 θ 、傾斜することを示す。

第 3 3 図は上段の右側を加熱、左側を冷却し、下段の右側を冷却、左側を加熱したモードであり、コラム部 2 1 4 が右側にほぼ平行に距離 l 、移動することを示す。

第 3 4 図は上段の右側を冷却、左側を加熱し、下段の右側を加熱、左側を冷却したモードであり、コラム部 2 1 4 が左側へほぼ平行に距離 l 、移動することを示す。

なお、上記第 3 1 図～第 3 4 図の制御モードは、図面手前側と背面側との間で対応する熱アクチュエータの加熱、冷却を同一モードにした例である。これらの組合せモード以外に、コラム部 2 1 4 における熱アクチュエータの設置数が 16 個であることから、各熱アクチュエータの加熱・冷却の組合せは多数となり、変位センサ S 5 1 ～ S 5 4（第 2 7 図参照）の検出値、またはこれらと変位センサ

S 5 5 ~ S 5 7 (第 2 8 図参照) 及びヘッド部 2 1 2 の背面の 3 個の変位センサの検出値に応じ、きめ細かい制御が可能になる。

第 3 5 図 ~ 第 3 8 図は、第 2 8 図 ~ 第 3 0 図のヘッド部 2 1 2 における熱アクチュエータの動作を組合せた制御モードの代表的な例を示すものである。

第 3 5 図はヘッド部 2 1 2 の上段側の熱アクチュエータを両方冷却し、下段側を両方加熱したモードであり、ヘッド部 2 1 2 が反時計方向に角度 θ 傾斜することを示す。

第 3 6 図は上段側の熱アクチュエータを両方加熱し、下段側を両方冷却したモードであり、ヘッド部 2 1 2 が時計方向に角度 θ 傾斜することを示す。

第 3 7 図は上段左側と下段右側を冷却し、上段右側と下段左側を加熱したモードであり、ツール取付け部 2 1 7 の下端が上方へほぼ平行に距離 l 移動することを示す。

第 3 8 図は上段左側と下段右側を加熱し、上段右側と下段左側を冷却したモードであり、ツール取付け部 2 1 7 の下端が下方へほぼ平行に距離 l 移動することを示す。

なお、上記第 3 5 図 ~ 第 3 8 図の制御モードは、図面手前側と背面側との間で対応する熱アクチュエータの加熱、冷却を同一モードにした例である。これらの組合せモード以外に、ヘッド部 2 1 2 における熱アクチュエータの設置数が 1 6 個であることから、各熱アクチュエータの加熱・冷却の組合せは多数となり、変位センサ S 5 5 ~ S 5 7 (第 2 8 図参照) 及びヘッド部 2 1 2 の背面の 3 個の変位センサの検出値に応じ、きめ細かい制御が可能になる。

なお、このマシニング・センタによれば、駆動用のモータ 2 1 3 やその減速機構部の発熱によるヘッド部 2 1 2 の熱変形、およびワーク W の加工にともないツール 2 1 1 に発生する加工反力による不規則な弾性変形も併せて上記変位センサにより総合的に検出するこ

とができる。また、変位センサにより検出した変位量に応じて各熱アクチュエータの加熱・冷却を制御し、リアルタイムで変位を補正・制御しながらワークWの加工を進めることが可能になる。

5 また、ヘッド部212のコラム部214側には、冷却オイル循環用の流路269が設置されて、雰囲気温度より若干低温度の冷却オイルが常時供給される。それにより、ヘッド部212の発熱がコラム部214に伝達するのを抑制し、コラム部214における熱膨張および反りが防止される。

10 また、ヘッド部212だけの制御で矯正できない変位や、ヘッド部212全体の変位、さらにはコラム部214自体に変位を生じるような場合は、コラム部214自体でも変位センサの検出値に応じて変位補正のための制御がおこなれる。このとき、ヘッド部212とコラム部214との変位制御が組み合わされてツールの位置制御がおこなわれ、より高精度な加工を実現することができる。

15 本発明者の実験によると、第26図に示したマシニング・センタにおいて、雰囲気温度35度、熱アクチュエータの加熱温度を45度、冷却温度を25度とした条件で、各熱アクチュエータの動作を制御した結果、ツール211の先端位置を約30 μ mの範囲で制御できることが確認できた。

20 なお、上記各実施例では、各熱アクチュエータの動作を加熱または冷却だけとしたが、熱アクチュエータの位置によっては加熱も冷却もしない中間の放置状態としたり、また熱アクチュエータの設定温度を加熱部の高温度と冷却部の冷温度との2点設定だけでなく連続的な中間温度に設定して、より高精度の制御をおこなうことができる。

25 また、実施例では主にモータ213の発熱による熱変形や加工反力による弾性変形を原因とする位置ずれを、各熱アクチュエータにより補正する制御について説明した。これに加えて、上述したよう

に加工時の各熱アクチュエータの動作を積極的に制御することにより、ツールの位置制御をより精密に実行することもできる。例えば、マシニング・センタで金型等を加工する場合に、この姿勢制御装置を利用すると、従来到底不可能であったミクロンオーダの超精密な加工を実現することができる。

さらには、上記各実施例では、コラム部 214、ヘッド部 212 の各面に 2 個 2 段にしてそれぞれ 4 個の熱アクチュエータを設置しているが、各面 1 個 2 段にすることも可能である。また、設置される面の位置に応じて、熱アクチュエータの設置段数や設置個数を任意に組み合わせて制御することができる。

またさらには、工作機械を構成する主たる構造フレームの各部に温度センサを配設し、検出した全体の温度分布にもとづく熱変位をも加味して各熱アクチュエータの制御を実行することも可能である。この場合、各熱アクチュエータおよびそれに付属するセンサごとに個々に姿勢制御する場合に比べて一層精度が向上する。

また、熱アクチュエータを中空構造物の壁面に設置し熱変位を生じさせて構造物の姿勢を制御する本発明は、マシニング・センタ以外の各種工作機械の構造物にも適用可能であり、これらの工作機械の加工精度をより一層向上させることができる。

産業上の利用可能性

以上のように、本発明にかかる構造物の姿勢制御装置は、各種産業機械や測定装置を構成する構造物の位置を本来の位置に補正したり、また、位置の補正ばかりでなく構造物の位置を積極的に移動させるための超精密な姿勢制御装置として有用である。

また、本発明にかかる工作機械の姿勢制御装置は、マシニング・センタ等の各種工作機械において、ツールの位置を本来の位置に補正したり、また、位置の補正ばかりでなくツールの位置に微小な変

28

位を予め与えることによって超精密加工を行うための姿勢制御装置として有用である。

5

10

15

20

25

請求の範囲

1. 剛性の異なる構造物に設置され、構造物を弾性変形または熱変形範囲内で変形させるアクチュエータと、
このアクチュエータにより変形される構造物の変形エリアについて、その変位量を検出する変位センサと、
5 この変位センサが検出した変位量にもとづき、構造物を所望の長さに保持するためにアクチュエータの駆動信号を発生する制御部と、
を備えたことを特徴とする構造物の姿勢制御装置。
2. 軸方向に引張り荷重または圧縮荷重が加わる棒状の構造物と同軸上に設置され、構造物を弾性変形または熱変形範囲内で軸方向に変形させるアクチュエータと、
10 構造物の軸方向変位量を検出する変位センサと、
この変位センサが検出した変位量にもとづき、前記構造物を所望の長さに保持するためにアクチュエータの駆動信号を発生する制御部と、
15 を備えたことを特徴とする構造物の姿勢制御装置。
3. 構造物自体を外部または内部より加熱・冷却することにより軸方向の変位を生じさせるようにアクチュエータを構成したことを特徴とする請求項2記載の構造物の姿勢制御装置。
4. 中空筒状構造物の相対する側壁部に、側壁と平行に設置し、
20 それぞれ構造物の側壁を弾性変形または熱変形範囲内で軸方向に変形させる1対のアクチュエータと、
アクチュエータが設置された側壁部に設置され、構造物の軸方向変位量をそれぞれ検出する変位センサと、
これら変位センサが検出した変位量にもとづき、前記構造物を所望の長さまたは所望の姿勢に保持するためにアクチュエータごとの
25 駆動信号を発生する制御部と、

を備えたことを特徴とする構造物の姿勢制御装置。

5. 請求項4記載の構造物姿勢制御装置を、アクチュエータ取付け側壁部を互いに一致させて上下2段に重ねたことを特徴とする構造物の姿勢制御装置。

5 6. 4面を有する中空筒状構造物の側壁部に、側壁と平行に設置し、それぞれ構造物の側壁を弾性変形または熱変形範囲内で軸方向に変形させる4個のアクチュエータと、

アクチュエータが設置された側壁部に設置され、構造物の軸方向変位量をそれぞれ検出する変位センサと、

10 これらの変位センサが検出した変位量にもとづき、前記構造物を所望の長さまたは所望の姿勢に保持するためにアクチュエータごとの駆動信号を発生する制御部と、

を備えたことを特徴とする構造物の姿勢制御装置。

7. 請求項6記載の構造物姿勢制御装置を、アクチュエータ取付け側壁部を互いに一致させて上下2段に重ねたことを特徴とする構造物の姿勢制御装置。

8. 周方向に3または5以上に等区分可能な中空筒状構造物または円筒構造物の側壁に、側壁と平行に設置され、それぞれ前記構造物の側壁を弾性変形または熱変形範囲内で軸方向に変形させる複数の
20 のアクチュエータと、

アクチュエータが設置された側壁部に設置され、構造物の軸方向変位量をそれぞれ検出する変位センサと、

25 これらの変位センサが検出した変位量にもとづき、前記構造物を所望の長さまたは所望の姿勢に保持するためにアクチュエータごとの駆動信号を発生する制御部と、

を備えたことを特徴とする構造物の姿勢制御装置。

9. 請求項8記載の構造物姿勢制御装置を上下2段に重ねたことを特徴とする構造物の姿勢制御装置。

10. 直方体その他の多面体により構成された中空多面体構造物の構成壁面の全壁面または一部の壁面に平行に設置され、その構造物壁面を弾性変形または熱変形範囲内で壁面と平行な1方向または2方向に変形させる複数のアクチュエータと、

5 アクチュエータが設置された壁面部に設置され、壁面のアクチュエータ動作方向変位量をそれぞれ検出する変位センサと、

 これらの変位センサが検出した変位量にもとづき、前記構造物を所望の長さまたは所望の姿勢に保持するためにアクチュエータごとの駆動信号を発生する制御部と、

10 を備えたことを特徴とする構造物の姿勢制御装置。

11. アクチュエータを油圧シリンダにより構成したことを特徴とする請求項1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9または10記載の構造物の姿勢制御装置。

12. 中空筒状構造物の側壁と平行に設置されるアクチュエータを、
15 側壁自体を加熱または冷却することにより伸縮変形させる加熱源および冷熱源により構成したことを特徴とする請求項4, 5, 6, 7, 8または9記載の構造物の姿勢制御装置。

13. 中空多面体構造物の構成壁面と平行に設置されるアクチュエータを、壁面自体を加熱または冷却することにより伸縮変形させる
20 加熱源および冷熱源により構成したことを特徴とする請求項10記載の構造物の姿勢制御装置。

14. ツールを把持および駆動するヘッド部を固定台座に取付け支持する中空状コラム部の周方向に互いに対向して1対以上配置され、コラム部壁面を加熱または冷却して熱変位を発生させるコラム部用熱
25 アクチュエータと、

 コラム部用熱アクチュエータが取付けられたコラム部壁面に設置され、温度変化、ツールの加工反力等により発生するコラム部壁面の変位量を検出する変位センサと、

変位センサが検出した変位量にもとづいて、予め設定されている
ツール位置を保持するようにコラム部を伸縮させる熱アクチュエー
タ制御信号を出力する制御部と、

を備えたことを特徴とする工作機械の姿勢制御装置。

- 5 15. ツールを把持および駆動するヘッド部を固定台座に取付け支持す
る中空状コラム部の周方向に互いに対向して1対以上配置され、コ
ラム部壁面を加熱または冷却して熱変位を発生させるコラム部用熱
アクチュエータと、

10 ヘッド部壁面に設置され、温度変化、ツールの加工反力等により
発生するヘッド部壁面の変位量を検出する変位センサと、

コラム部用熱アクチュエータが取付けられたコラム部壁面に設置
され、温度変化、ツールの加工反力等により発生するコラム部壁面
の変位量を検出する変位センサと、

- 15 各変位センサが検出した変位量にもとづいて、予め設定されてい
るツール位置を保持するようにコラム部を伸縮させる熱アクチュエ
ータ制御信号を出力する制御部と、

を備えたことを特徴とする工作機械の姿勢制御装置。

- 20 16. ツールを把持および駆動するヘッド部の周方向に互いに対向して
1対以上配置され、ヘッド部壁面を加熱または冷却して熱変位を
発生させるヘッド部用熱アクチュエータと、

ヘッド部を固定台座に取付け支持する中空状コラム部の周方向に
互いに対向して1対以上配置され、コラム部壁面を加熱または冷却
して熱変位を発生させるコラム部用熱アクチュエータと、

- 25 ヘッド部用熱アクチュエータが取付けられたヘッド部壁面に設置
され、温度変化、ツールの加工反力等により発生するヘッド部壁面
の変位量を検出する変位センサと、

コラム部用熱アクチュエータが取付けられたコラム部壁面に設置
され、温度変化、ツールの加工反力等により発生するコラム部壁面

の変位量を検出する変位センサと、

各変位センサが検出した変位量にもとづいて、予め設定されているツール位置を保持するようにコラム部およびヘッド部をそれぞれ伸縮させる熱アクチュエータ制御信号を出力する制御部と、

5 を備えたことを特徴とする工作機械の姿勢制御装置。

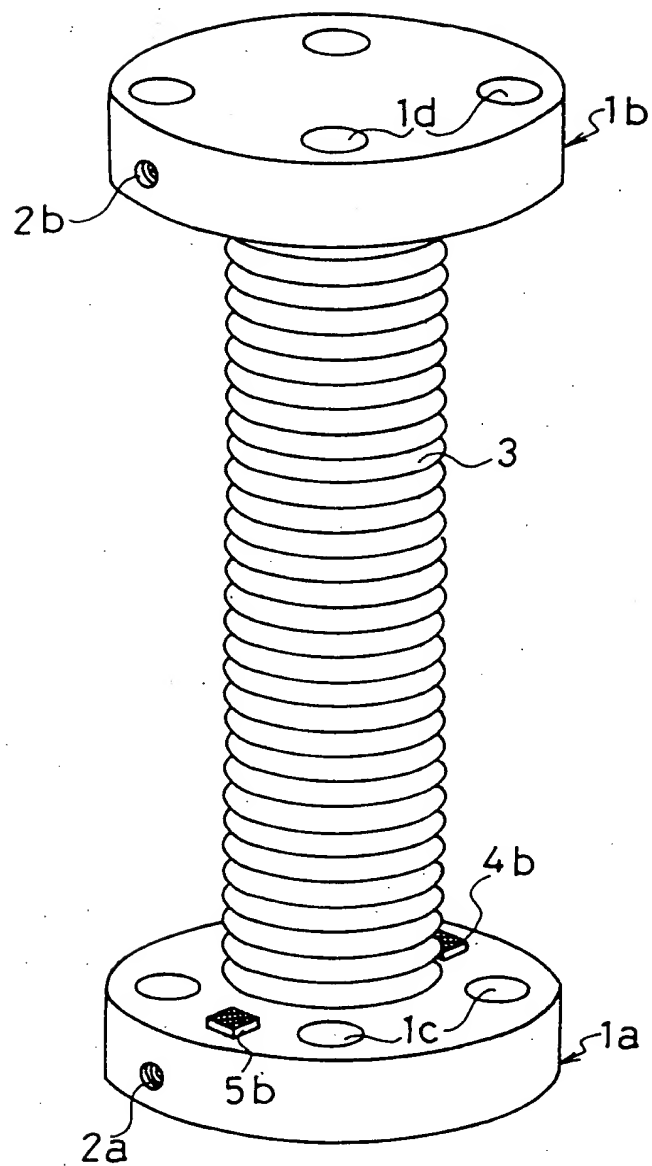
10

15

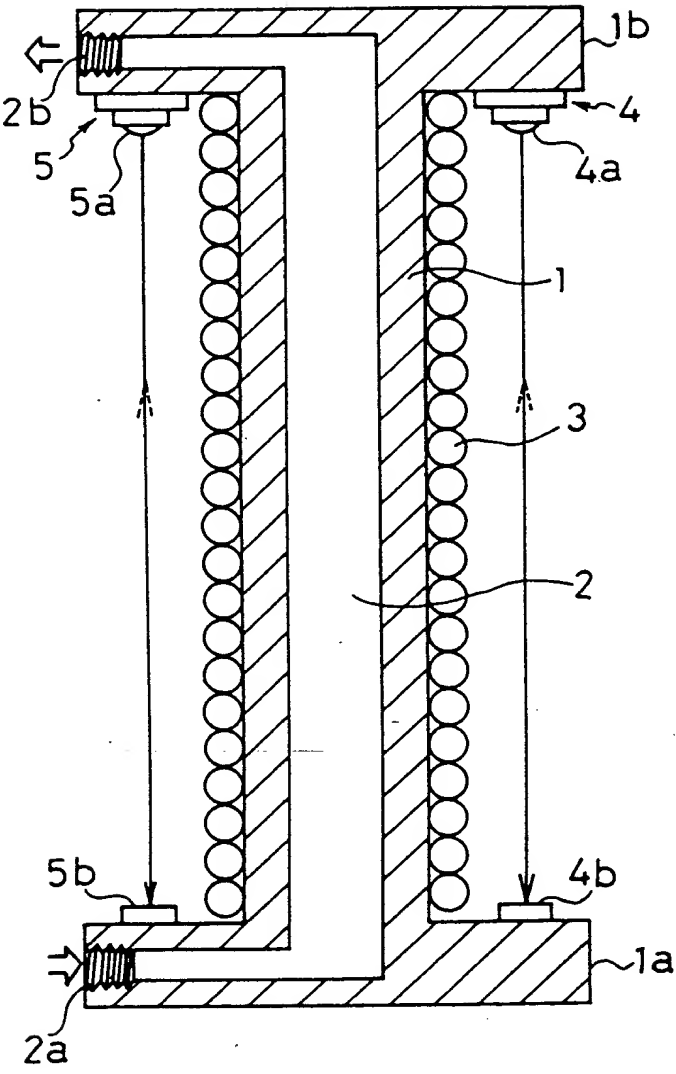
20

25

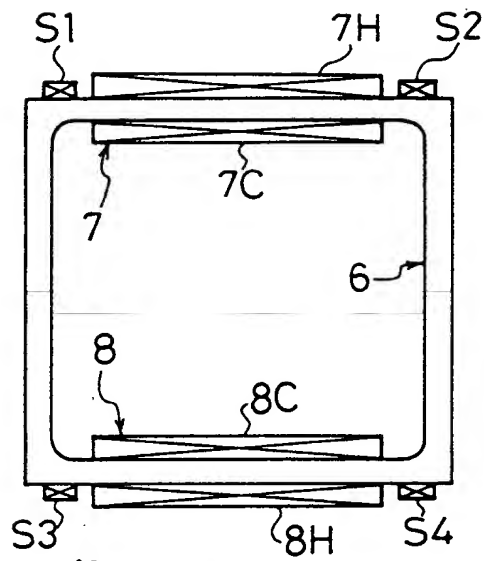
第 1 図



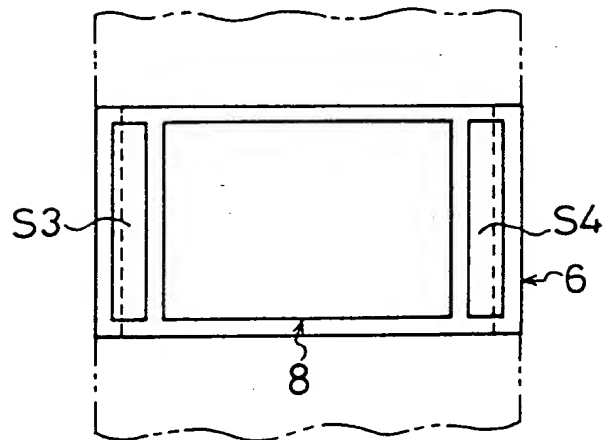
第 2 図



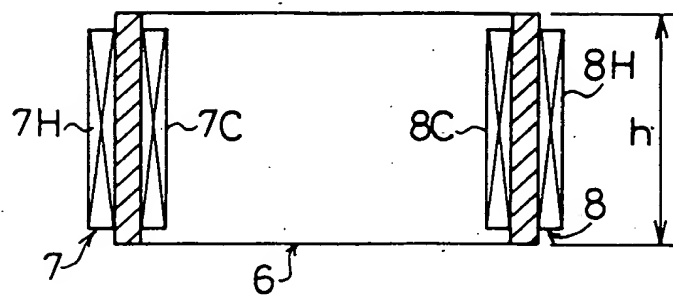
第 3 図



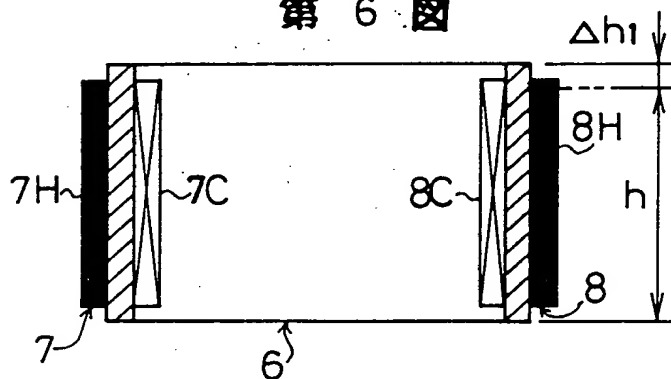
第 4 図



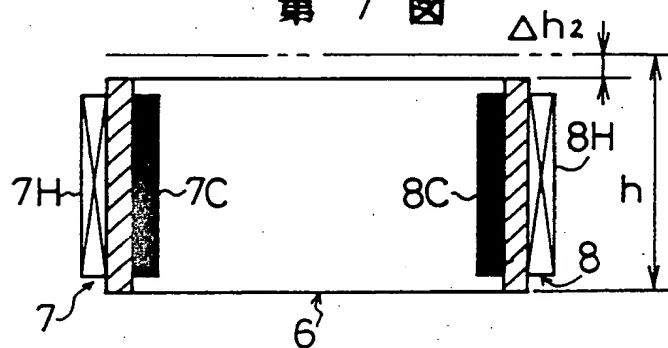
第 5 図



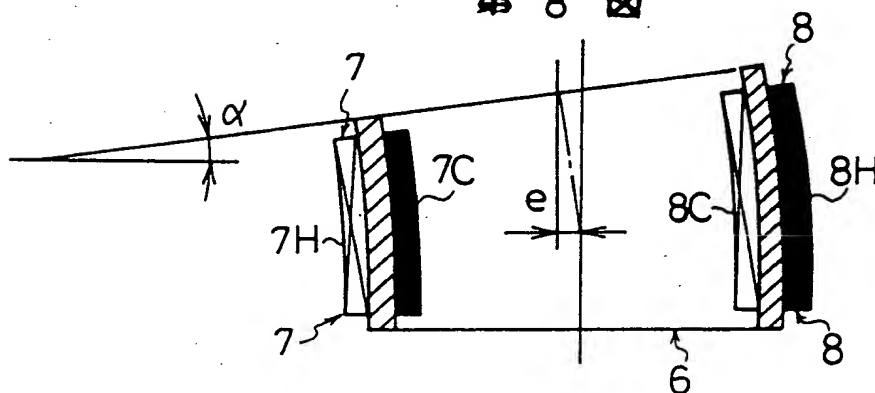
第 6 図



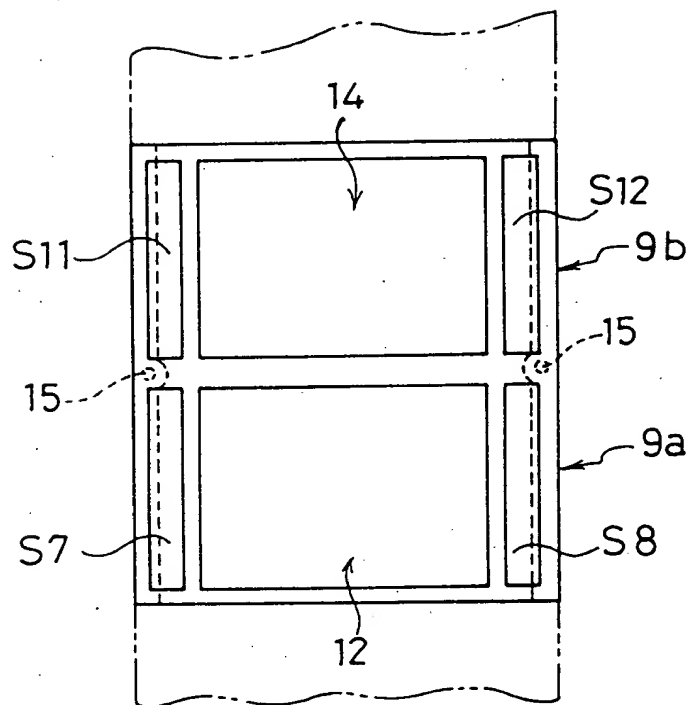
第 7 図



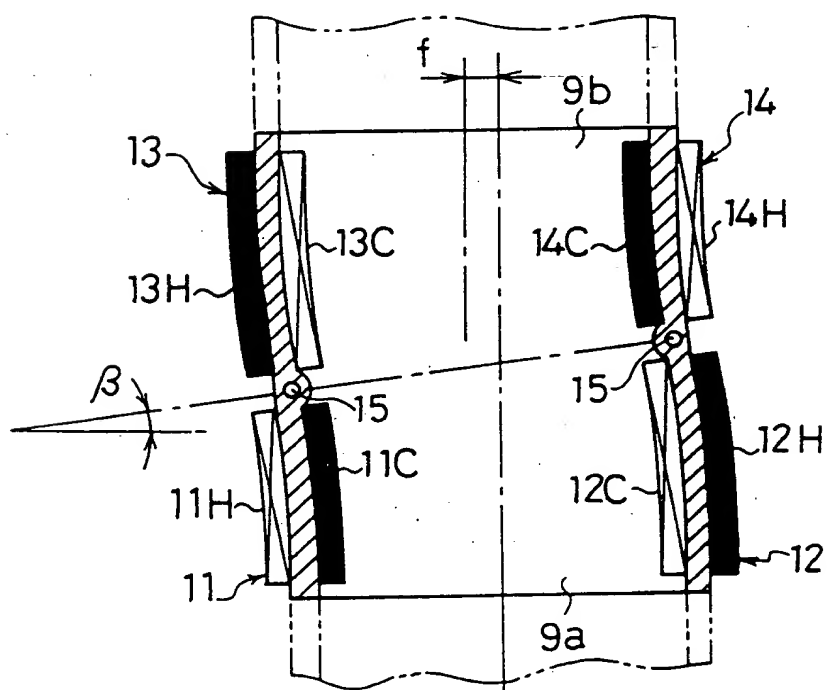
第 8 図



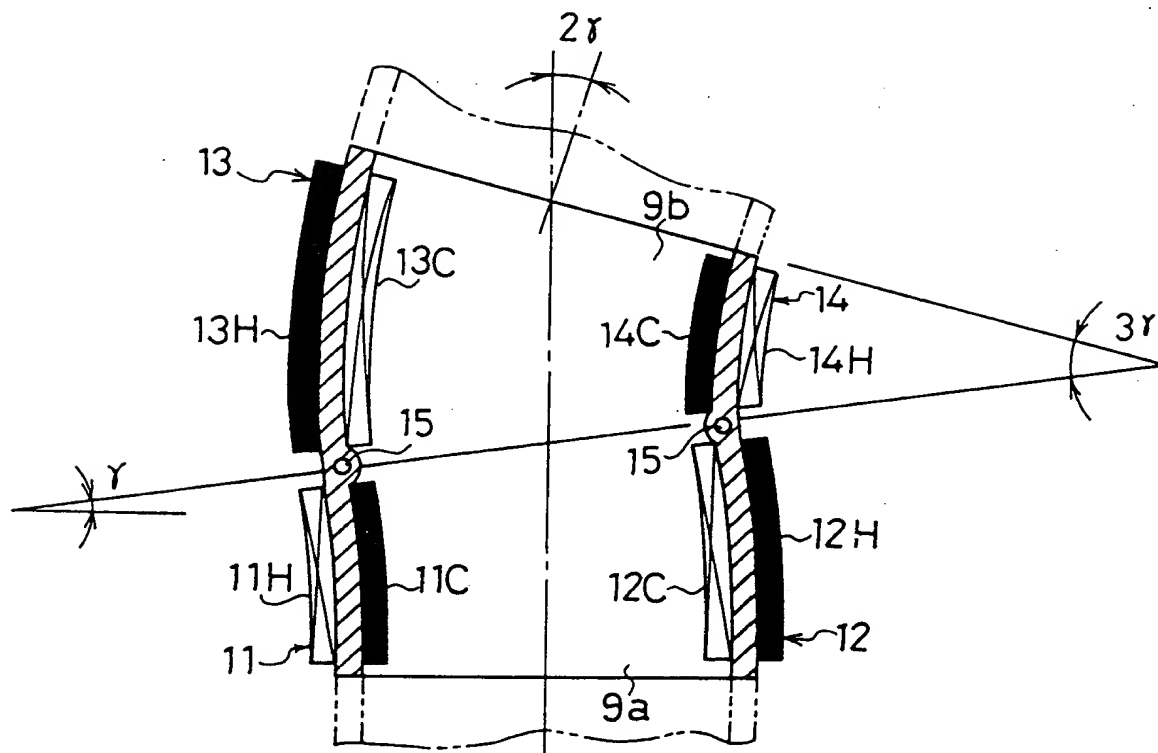
第 9 図



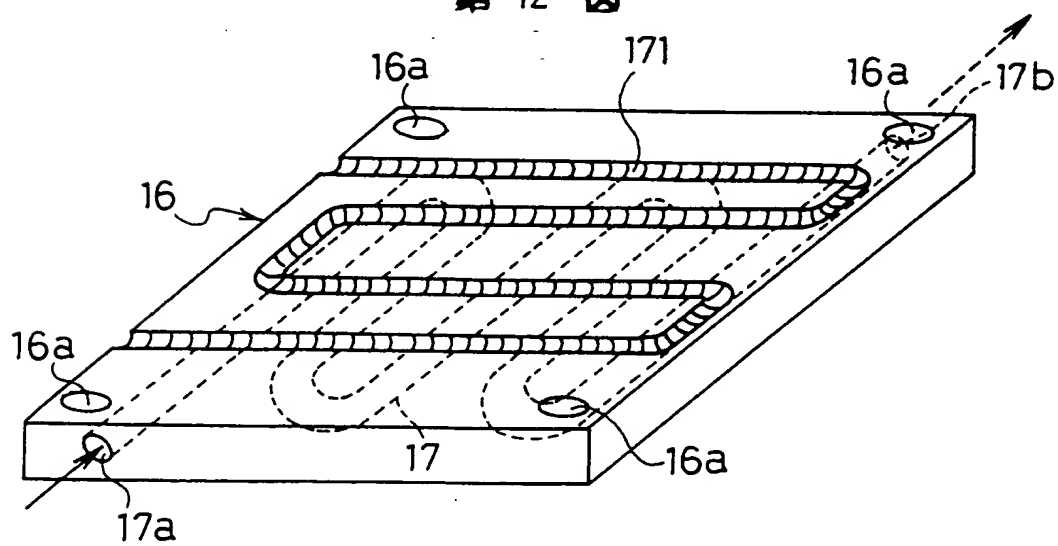
第 10 図



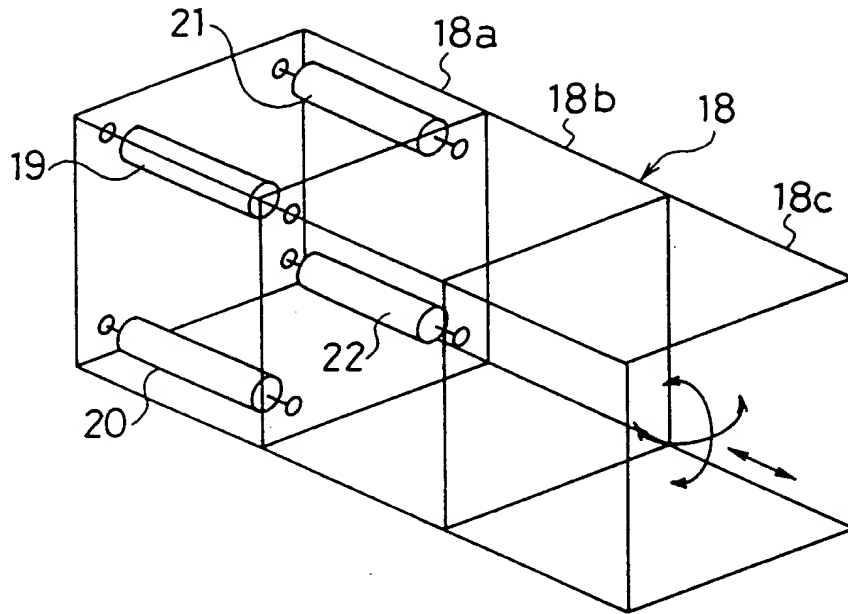
第 11 圖



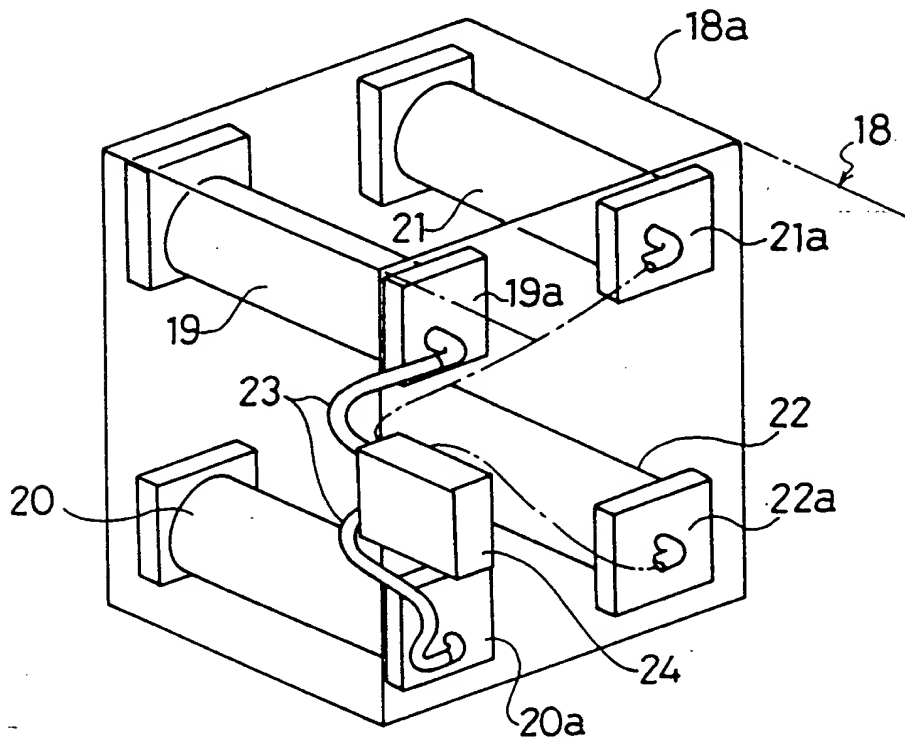
第 12 圖



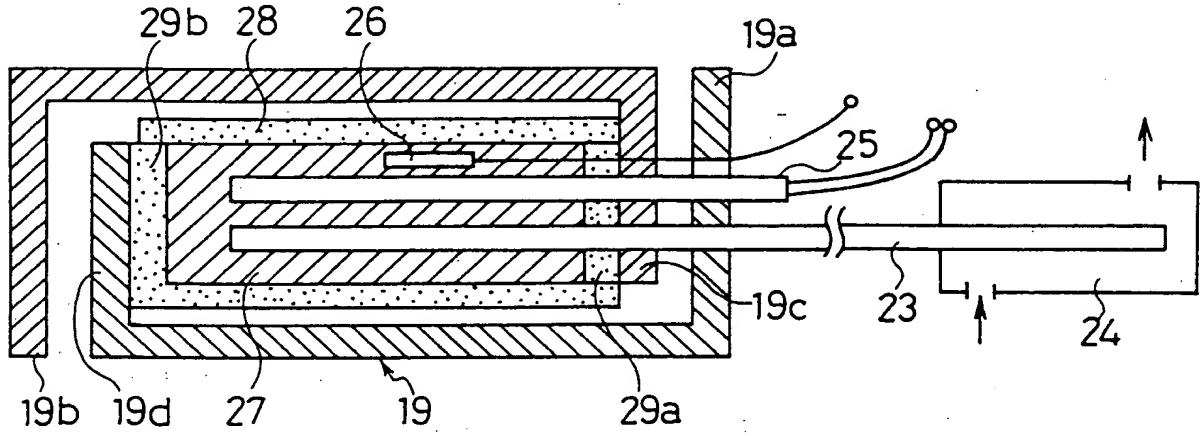
第 13 図



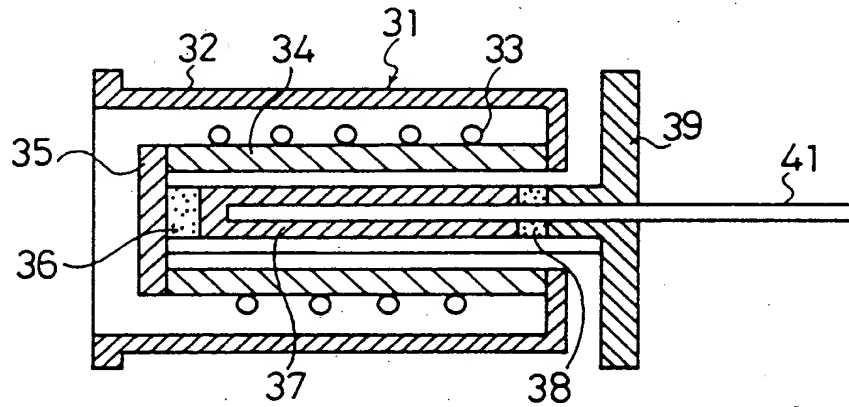
第 14 図



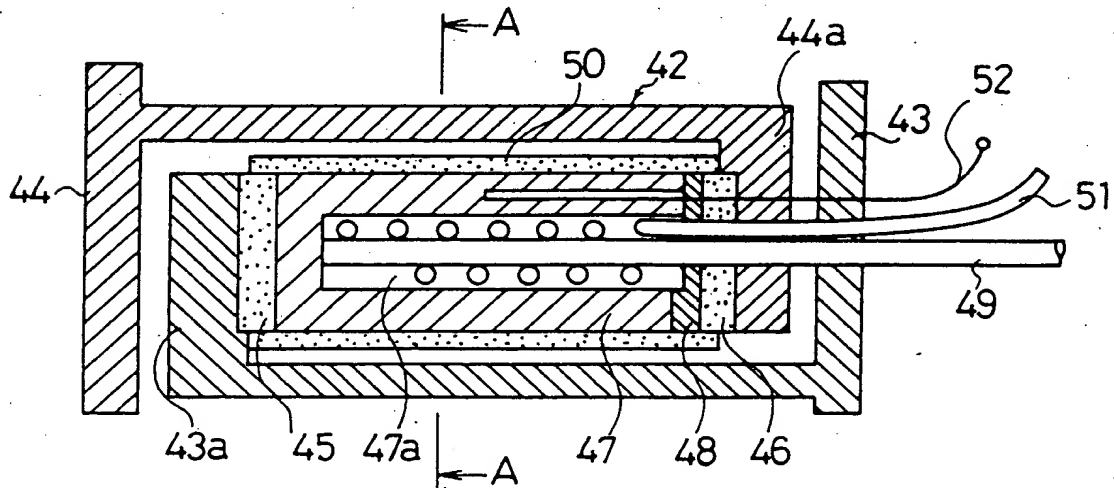
第 15 図



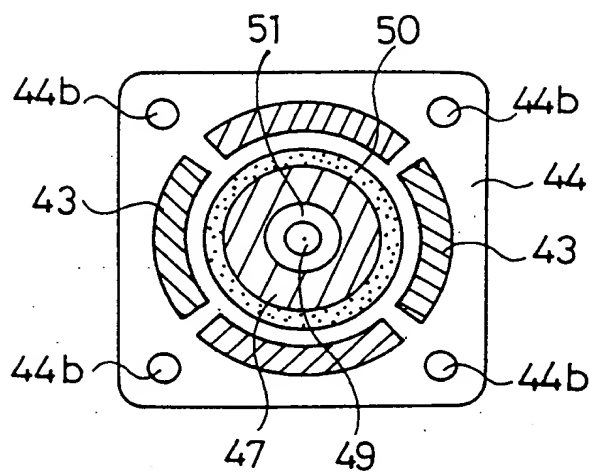
第 16 図



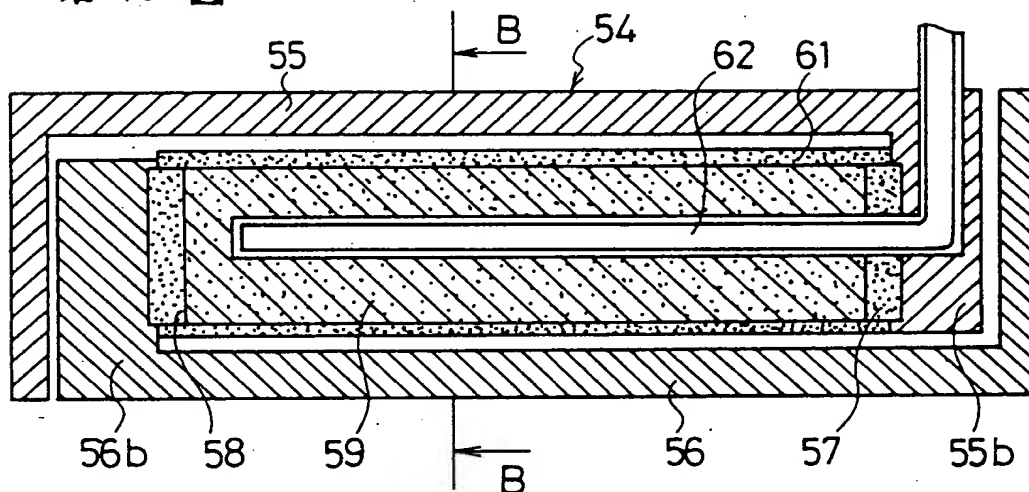
第 17 図



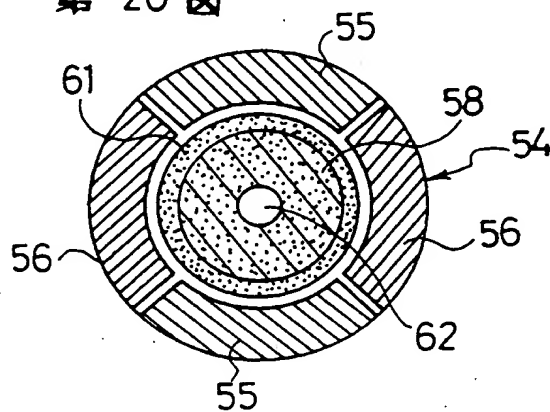
第 18 図



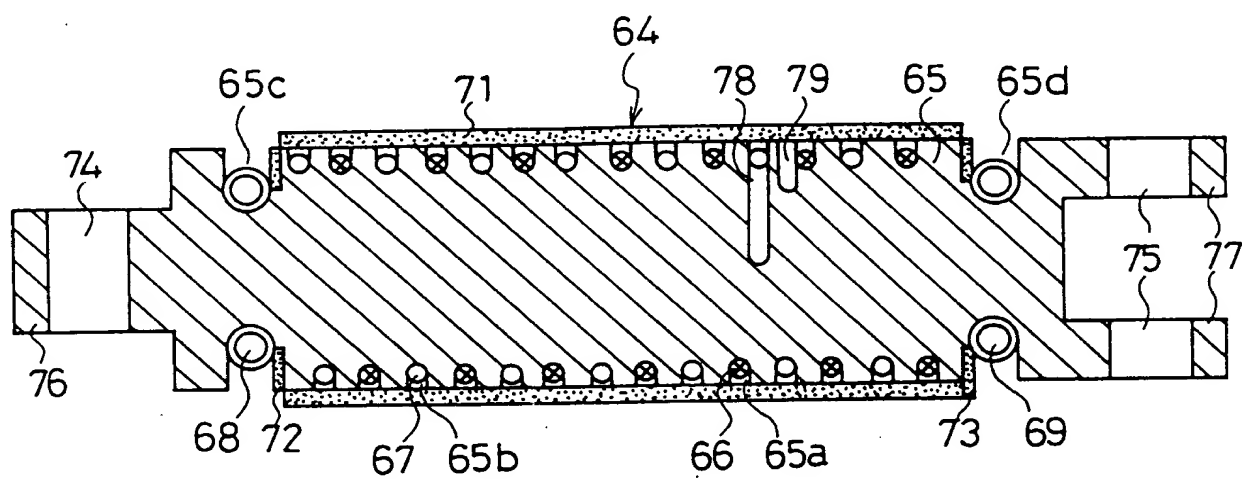
第 19 図



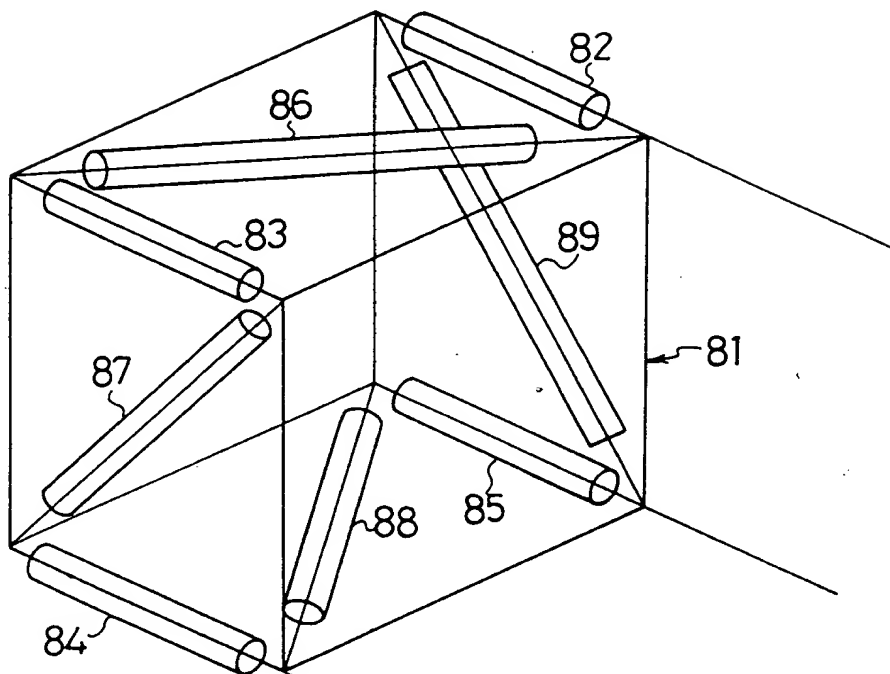
第 20 図



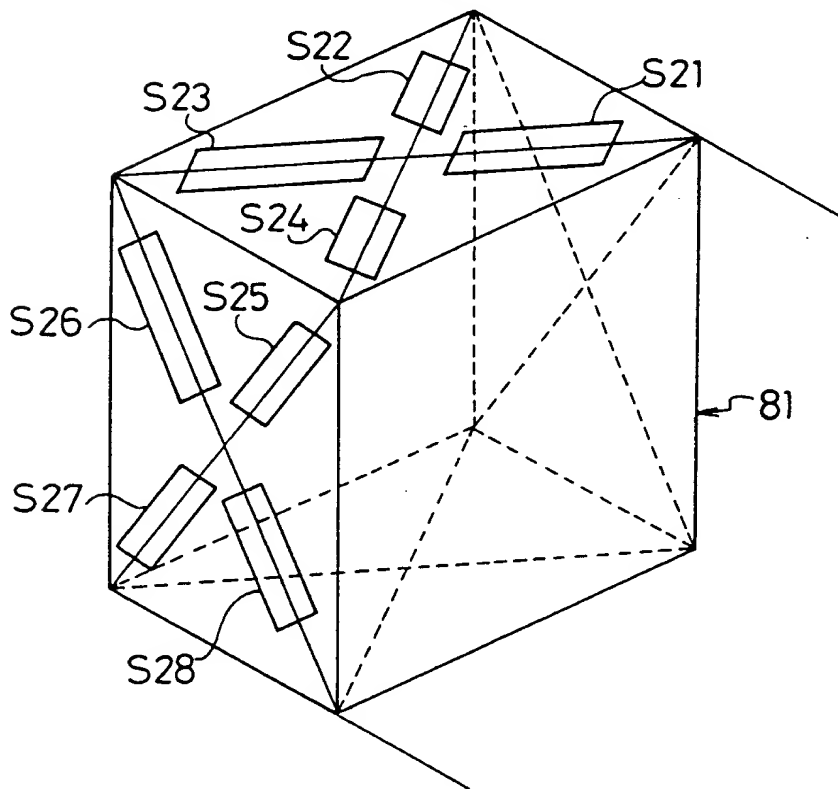
第 21 図



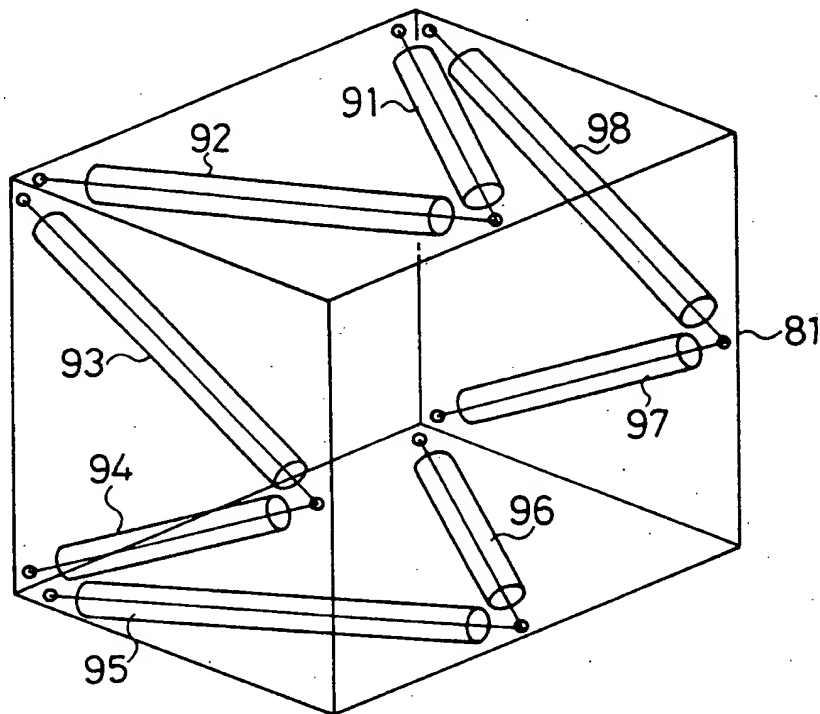
第 22 図



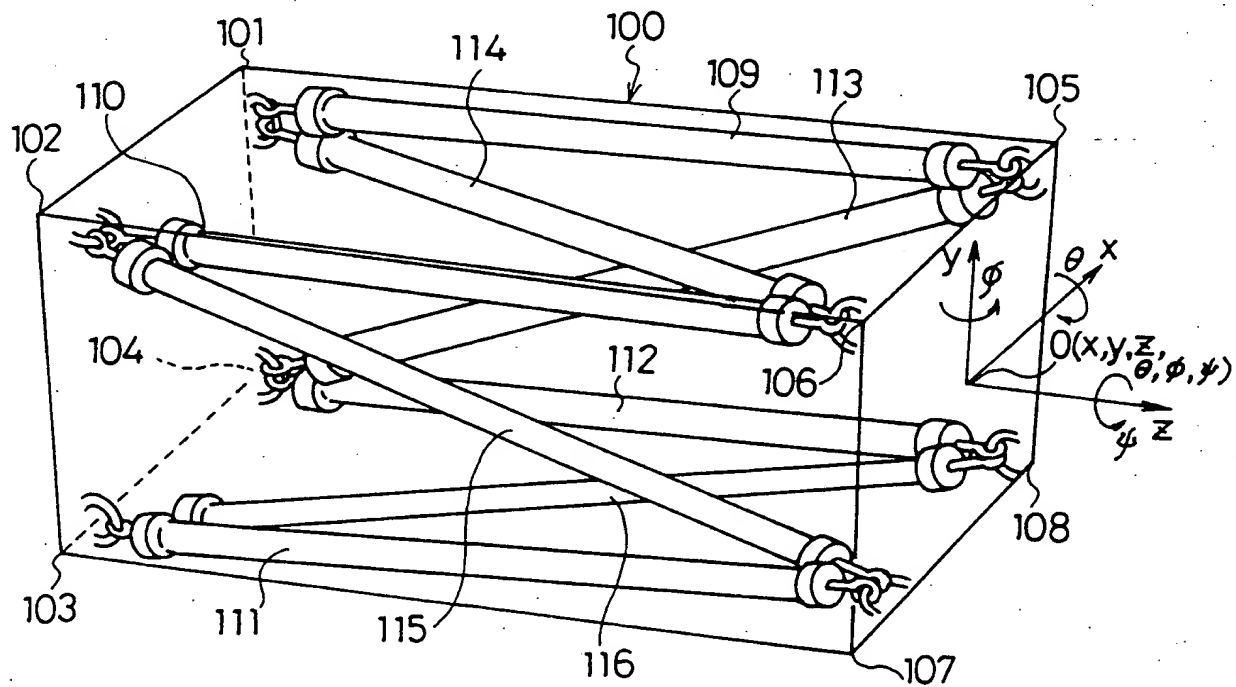
第 23 図



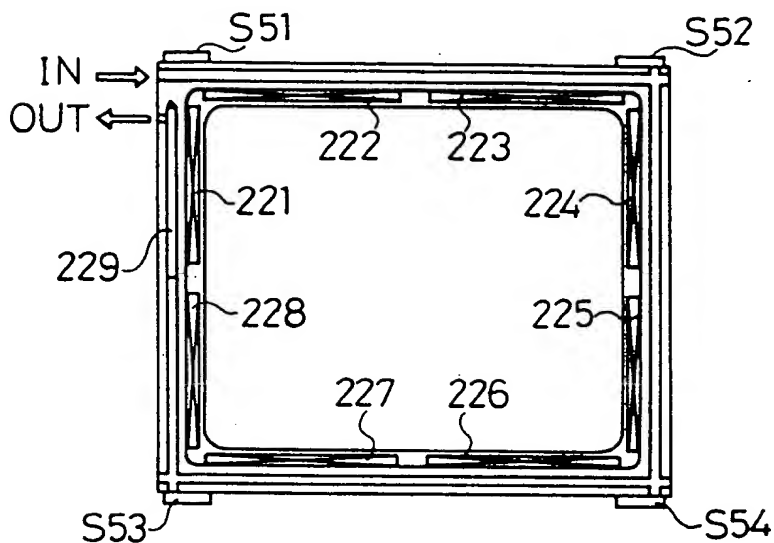
第 24 図



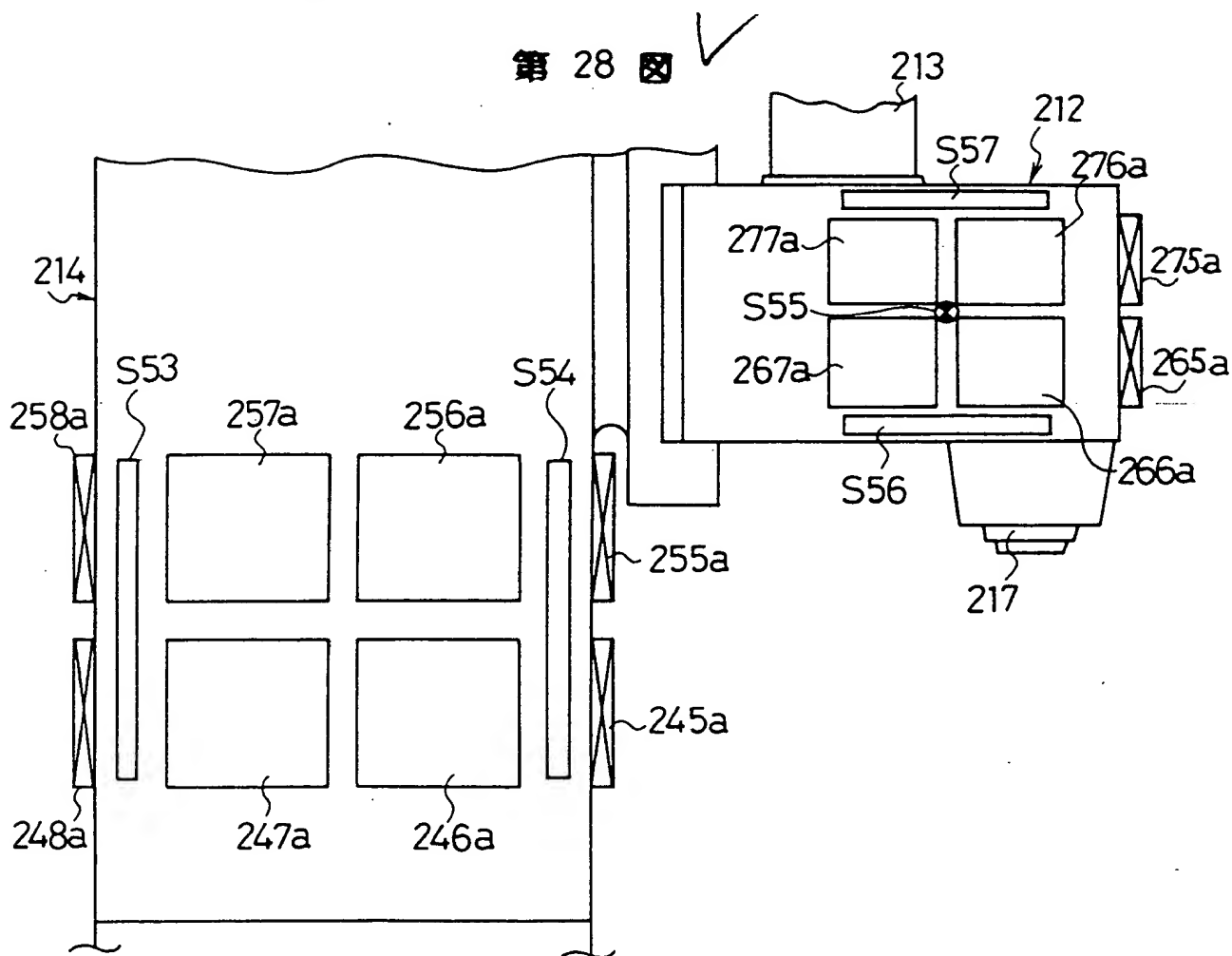
第 25 図



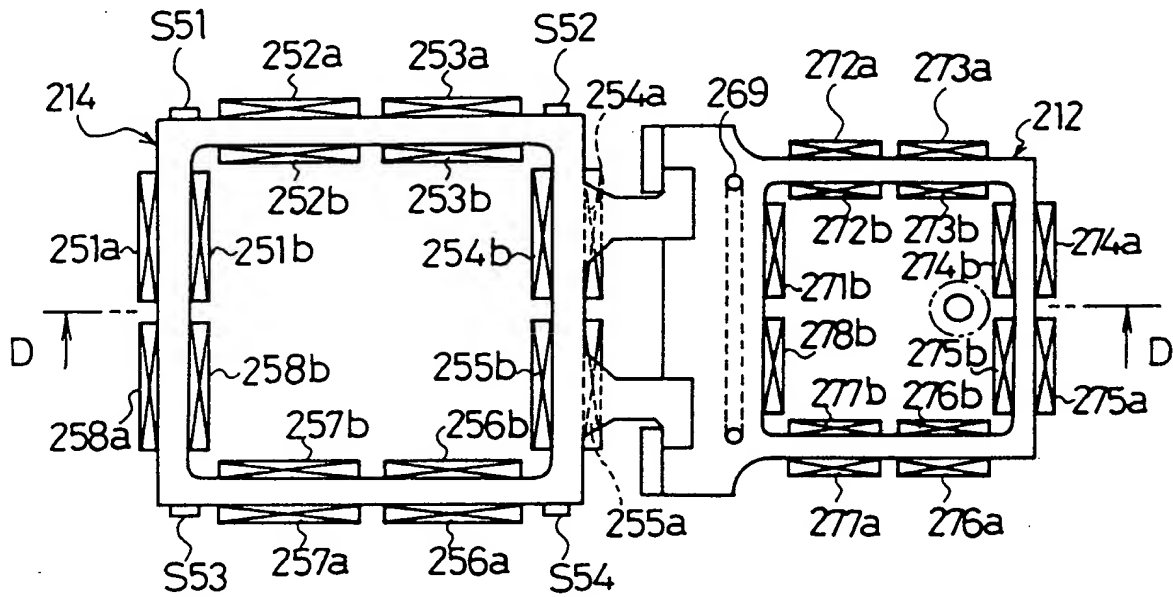
第 27 図



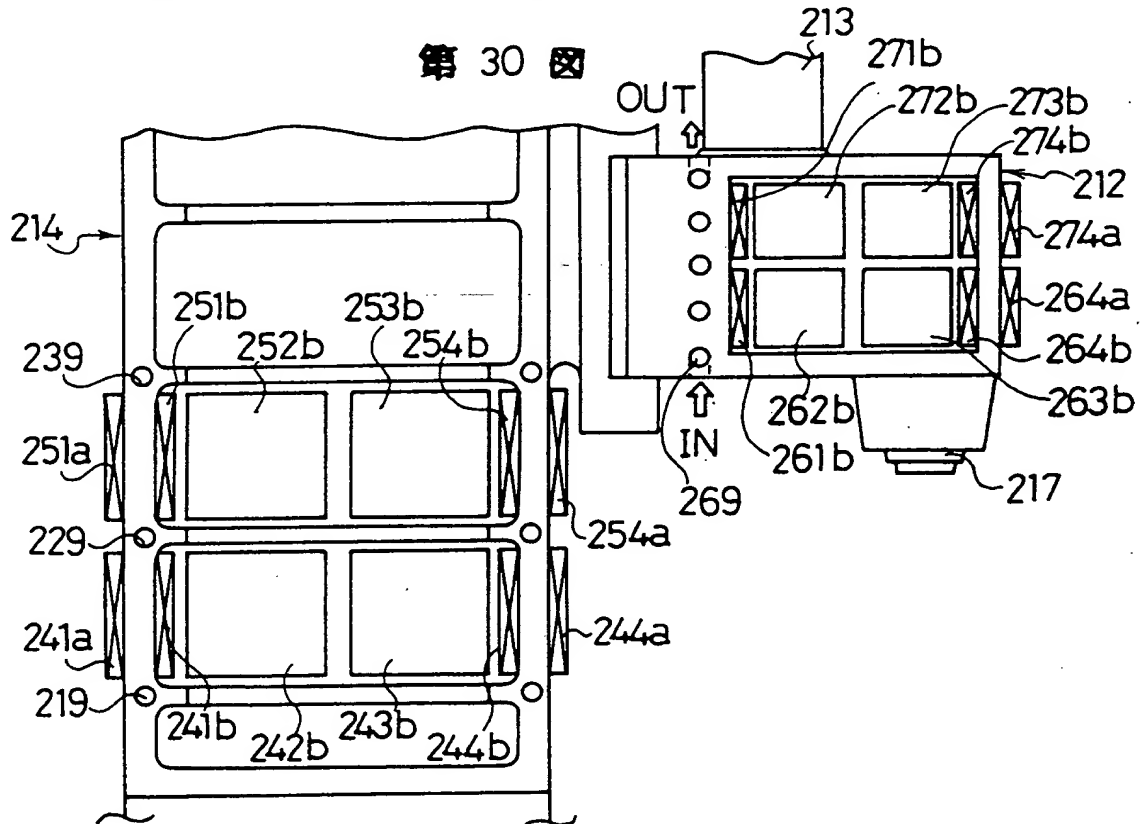
第 28 図



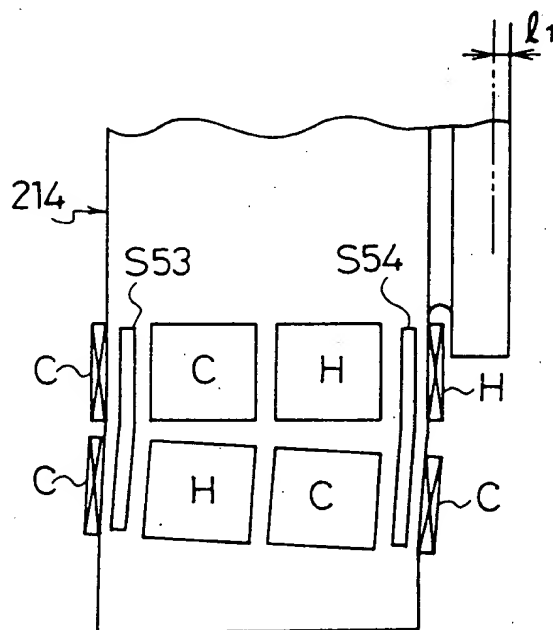
第 29 図



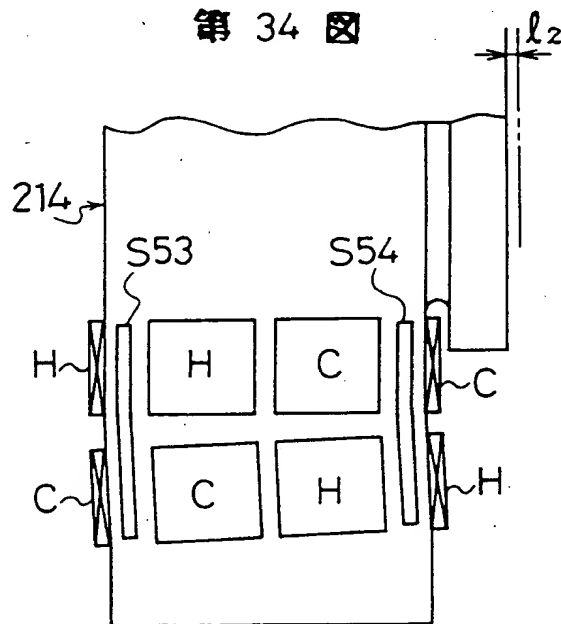
第 30 図



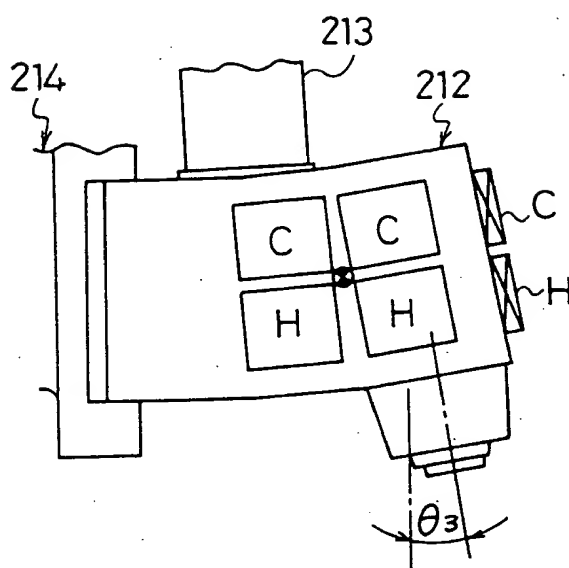
第 33 図



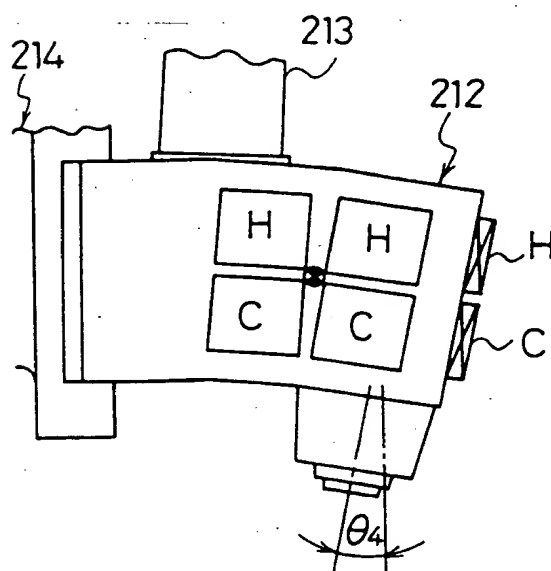
第 34 図



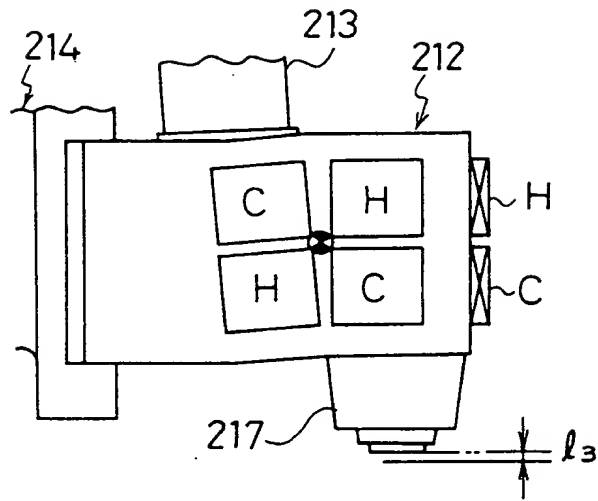
第 35 図



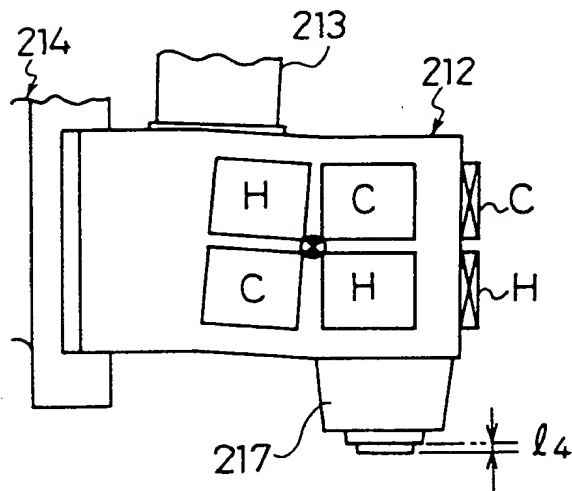
第 36 図



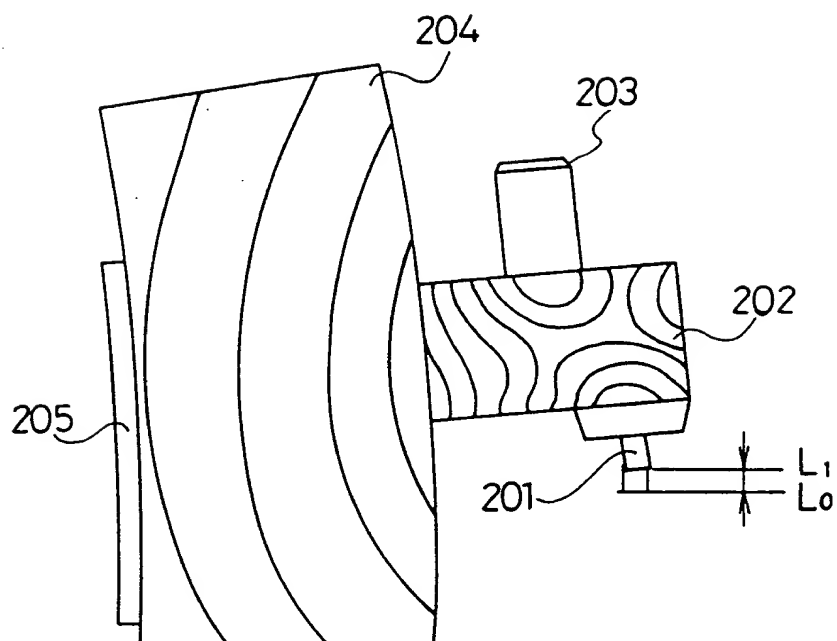
第 37 図



第 38 図



第 39 図



引用符号の一覧表

1 … 構造物	1 a … フランジ
1 b … フランジ	1 c … 取付け孔
1 d … 取付け孔	2 … 冷却水路
2 a … 入口	2 b … 出口
3 … ヒータ	4 … レーザ測長器
4 a … 発光部	4 b … 受光部
5 … レーザ測長器	5 a … 発光部
5 b … 受光部	6 … 構造物
7 … アクチュエータ	7 C … 冷却アクチュエータ
7 H … 加熱アクチュエータ	8 … アクチュエータ
8 C … 冷却アクチュエータ	8 H … 加熱アクチュエータ
9 a … 構造物	9 b … 構造物
1 1 … アクチュエータ	1 2 … アクチュエータ
1 3 … アクチュエータ	1 4 … アクチュエータ
1 1 C … 冷却アクチュエータ	1 2 C … 冷却アクチュエータ
1 3 C … 冷却アクチュエータ	1 4 C … 冷却アクチュエータ
1 1 H … 加熱アクチュエータ	1 2 H … 加熱アクチュエータ
1 3 H … 加熱アクチュエータ	1 4 H … 加熱アクチュエータ
1 5 … 冷却水路	1 6 … アクチュエータ
1 6 a … 取付け孔	1 7 a … 入口
1 7 b … 出口	1 8 … 構造物
1 8 a … 区画	1 8 b … 区画
1 8 c … 区画	1 9 … アクチュエータ
1 9 a … ヘッドカバー	1 9 b … エンドカバー
1 9 c … 他端部	1 9 d … 他端部
2 0 … アクチュエータ	2 0 a … ヘッドカバー
2 1 … アクチュエータ	2 1 a … ヘッドカバー
2 2 … アクチュエータ	2 2 a … ヘッドカバー
2 3 … ヒートパイプ	2 4 … 熱交換器
2 5 … シーズヒータ	2 6 … 熱電対
2 7 … 伸縮部材	2 8 … 断熱材

- | | |
|--------------|--------------|
| 2 9 a …断熱材 | 2 9 b …断熱材 |
| 3 1 …アクチュエータ | 3 2 …エンドカバー |
| 3 3 …シーズヒータ | 3 4 …伸縮部材 |
| 3 5 …蓋部 | 3 6 …断熱材 |
| 3 7 …伸縮部材 | 3 8 …ヘッドカバー |
| 3 9 …ヘッドカバー | 4 2 …アクチュエータ |
| 4 3 …ヘッドカバー | 4 3 a …他端 |
| 4 4 …エンドカバー | 4 4 a …他端 |
| 4 4 b …取付け孔 | 4 5 …断熱材 |
| 4 6 …断熱材 | 4 7 …伸縮部材 |
| 4 7 a …中空部 | 4 8 …円板 |
| 4 9 …ヒートパイプ | 5 0 …断熱材 |
| 5 1 …シーズヒータ | 5 2 …熱電対 |
| 5 4 …アクチュエータ | 5 5 …エンドカバー |
| 5 5 b …他端 | 5 6 …エンドカバー |
| 5 6 b …他端 | 5 7 …断熱材 |
| 5 8 …断熱材 | 5 9 …伸縮部材 |
| 6 1 …断熱材 | 6 2 …ヒートパイプ |
| 6 4 …アクチュエータ | |
| 6 5 …伸縮体 | 6 5 a …螺旋溝 |
| 6 5 b …螺旋溝 | 6 5 c …溝 |
| 6 5 d …溝 | 6 6 …シーズヒータ |
| 6 7 …冷却水管 | 6 8 …冷却水管 |
| 6 9 …冷却水管 | 7 1 …断熱材 |
| 7 2 …断熱材 | 7 3 …断熱材 |
| 7 4 …ピン取付け用孔 | 7 5 …ピン取付け用孔 |
| 7 6 …一山クレビス部 | 7 7 …二山クレビス部 |
| 7 8 …熱電対 | 7 9 …熱電対 |
| 8 1 …構造物 | 8 2 …アクチュエータ |
| 8 3 …アクチュエータ | 8 4 …アクチュエータ |
| 8 5 …アクチュエータ | 8 6 …アクチュエータ |
| 8 7 …アクチュエータ | 8 8 …アクチュエータ |

8 9 … アクチュエータ	9 1 … アクチュエータ
9 2 … アクチュエータ	9 3 … アクチュエータ
9 4 … アクチュエータ	9 5 … アクチュエータ
9 6 … アクチュエータ	9 7 … アクチュエータ
9 8 … アクチュエータ	1 0 0 … 箱型梁構造体
1 0 1 … 角部	1 0 2 … 角部
1 0 3 … 角部	1 0 4 … 角部
1 0 5 … 角部	1 0 6 … 角部
1 0 7 … 角部	1 0 8 … 角部
1 0 9 … アクチュエータ	1 1 0 … アクチュエータ
1 1 1 … アクチュエータ	1 1 2 … アクチュエータ
1 1 3 … アクチュエータ	1 1 4 … アクチュエータ
1 1 5 … アクチュエータ	1 1 6 … アクチュエータ
1 7 1 … 溝部	2 0 6 … 基台
2 0 7 … バランスウェイト	2 0 8 … 駆動機構部
2 1 1 … ツール	2 1 2 … ヘッド部
2 1 3 … モータ	2 1 4 … コラム部
2 1 5 … サーボモータ	2 1 6 … ボールスクリュウ
2 1 7 … ツール取付け部	2 1 8 … テーブル
2 1 9 … 流路	2 2 9 … 流路
2 3 9 … 流路	2 6 9 … 流路
2 2 1 … 熱アクチュエータ	2 2 2 … 熱アクチュエータ
2 2 3 … 熱アクチュエータ	2 2 4 … 熱アクチュエータ
2 2 5 … 熱アクチュエータ	2 2 6 … 熱アクチュエータ
2 2 7 … 熱アクチュエータ	2 2 8 … 熱アクチュエータ
2 3 1 … 熱アクチュエータ	2 3 2 … 熱アクチュエータ
2 3 3 … 熱アクチュエータ	2 3 4 … 熱アクチュエータ
2 4 1 a … 冷却用の熱アクチュエータ	
2 4 4 a … 冷却用の熱アクチュエータ	
2 4 5 a … 冷却用の熱アクチュエータ	
2 4 6 a … 冷却用の熱アクチュエータ	
2 4 7 a … 冷却用の熱アクチュエータ	

2 4 8 a …冷却用の熱アクチュエータ
2 4 1 b …加熱用の熱アクチュエータ
2 4 2 b …加熱用の熱アクチュエータ
2 4 3 b …加熱用の熱アクチュエータ
2 4 4 b …加熱用の熱アクチュエータ
2 5 5 a …冷却用の熱アクチュエータ
2 5 6 a …冷却用の熱アクチュエータ
2 5 7 a …冷却用の熱アクチュエータ
2 5 8 a …冷却用の熱アクチュエータ
2 5 1 b …加熱用の熱アクチュエータ
2 5 2 b …加熱用の熱アクチュエータ
2 5 3 b …加熱用の熱アクチュエータ
2 5 4 b …加熱用の熱アクチュエータ
2 5 5 b …加熱用の熱アクチュエータ
2 5 6 b …加熱用の熱アクチュエータ
2 5 7 b …加熱用の熱アクチュエータ
2 5 8 b …加熱用の熱アクチュエータ
2 6 1 b …加熱用の熱アクチュエータ
2 6 2 b …加熱用の熱アクチュエータ
2 6 3 b …加熱用の熱アクチュエータ
2 6 4 b …加熱用の熱アクチュエータ
2 6 4 a …冷却用の熱アクチュエータ
2 6 5 a …冷却用の熱アクチュエータ
2 6 6 a …冷却用の熱アクチュエータ
2 6 7 a …冷却用の熱アクチュエータ
2 7 1 b …加熱用の熱アクチュエータ
2 7 2 b …加熱用の熱アクチュエータ
2 7 3 b …加熱用の熱アクチュエータ
2 7 4 b …加熱用の熱アクチュエータ
2 7 5 b …加熱用の熱アクチュエータ
2 7 6 b …加熱用の熱アクチュエータ
2 7 7 b …加熱用の熱アクチュエータ

278b...加熱用の熱アクチュエータ

272a...冷却用の熱アクチュエータ

273a...冷却用の熱アクチュエータ

274a...冷却用の熱アクチュエータ

275a...冷却用の熱アクチュエータ

276a...冷却用の熱アクチュエータ

277a...冷却用の熱アクチュエータ

S1...変位センサ

S2...変位センサ

S3...変位センサ

S4...変位センサ

S7...変位センサ

S8...変位センサ

S11...変位センサ

S12...変位センサ

S21...変位センサ

S22...変位センサ

S23...変位センサ

S24...変位センサ

S25...変位センサ

S26...変位センサ

S27...変位センサ

S28...変位センサ

S51...温度補償付きの変位センサ

S52...温度補償付きの変位センサ

S53...温度補償付きの変位センサ

S54...温度補償付きの変位センサ

S55...温度補償付きの変位センサ

S56...温度補償付きの変位センサ

S57...温度補償付きの変位センサ

W...ワーク

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No PCT/JP91/00972

I. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER (If several classification symbols apply, indicate all) ⁶ According to International Patent Classification (IPC) or to both National Classification and IPC <div style="text-align: center; font-family: monospace; font-size: 1.2em;">Int. Cl⁵ B23Q15/18, B23Q1/02</div>											
II. FIELDS SEARCHED <div style="text-align: center; font-size: 0.8em;">Minimum Documentation Searched ⁷</div> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 25%; font-size: 0.8em;">Classification System</th> <th style="font-size: 0.8em;">Classification Symbols</th> </tr> <tr> <td style="text-align: center; vertical-align: middle; font-size: 1.2em;">IPC</td> <td style="font-family: monospace; font-size: 1.2em;">B23Q15/18, B23Q1/02, B23Q11/12, 14</td> </tr> </table> <div style="text-align: center; font-size: 0.8em; margin-top: 5px;">Documentation Searched other than Minimum Documentation to the Extent that such Documents are Included in the Fields Searched ⁸</div>			Classification System	Classification Symbols	IPC	B23Q15/18, B23Q1/02, B23Q11/12, 14					
Classification System	Classification Symbols										
IPC	B23Q15/18, B23Q1/02, B23Q11/12, 14										
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> Jitsuyo Shinan Koho Kokai Jitsuyo Shinan Koho </div> <div style="width: 50%; text-align: right;"> 1960 - 1991 1974 - 1991 </div> </div>											
III. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT ⁹ <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 10%; font-size: 0.8em;">Category ¹⁰</th> <th style="font-size: 0.8em;">Citation of Document, ¹¹ with indication, where appropriate, of the relevant passages ¹²</th> <th style="width: 15%; font-size: 0.8em;">Relevant to Claim No. ¹³</th> </tr> <tr> <td style="text-align: center; vertical-align: top;">Y</td> <td style="font-family: monospace; vertical-align: top;">JP, A, 52-144880 (Hitachi Seiki Co., Ltd.), December 2, 1977 (02. 12. 77), (Family: none)</td> <td style="text-align: center; vertical-align: top;">1-16</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; vertical-align: top;">Y</td> <td style="font-family: monospace; vertical-align: top;">JP, A, 58-94957 (Hitachi Seiko Ltd.), June 6, 1983 (06. 06. 83), (Family: none)</td> <td style="text-align: center; vertical-align: top;">1-16</td> </tr> </table>			Category ¹⁰	Citation of Document, ¹¹ with indication, where appropriate, of the relevant passages ¹²	Relevant to Claim No. ¹³	Y	JP, A, 52-144880 (Hitachi Seiki Co., Ltd.), December 2, 1977 (02. 12. 77), (Family: none)	1-16	Y	JP, A, 58-94957 (Hitachi Seiko Ltd.), June 6, 1983 (06. 06. 83), (Family: none)	1-16
Category ¹⁰	Citation of Document, ¹¹ with indication, where appropriate, of the relevant passages ¹²	Relevant to Claim No. ¹³									
Y	JP, A, 52-144880 (Hitachi Seiki Co., Ltd.), December 2, 1977 (02. 12. 77), (Family: none)	1-16									
Y	JP, A, 58-94957 (Hitachi Seiko Ltd.), June 6, 1983 (06. 06. 83), (Family: none)	1-16									
<div style="display: flex; justify-content: space-between; font-size: 0.8em;"> <div style="width: 45%;"> ¹⁰ Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed </div> <div style="width: 50%;"> "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step "Y" document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "A" document member of the same patent family </div> </div>											
IV. CERTIFICATION <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; padding: 5px;"> Date of the Actual Completion of the International Search <div style="font-family: monospace; font-size: 1.2em;">September 26, 1991 (26. 09. 91)</div> </td> <td style="width: 50%; padding: 5px;"> Date of Mailing of this International Search Report <div style="font-family: monospace; font-size: 1.2em;">October 14, 1991 (14. 10. 91)</div> </td> </tr> <tr> <td style="width: 50%; padding: 5px;"> International Searching Authority <div style="font-family: monospace; font-size: 1.2em;">Japanese Patent Office</div> </td> <td style="width: 50%; padding: 5px;"> Signature of Authorized Officer </td> </tr> </table>			Date of the Actual Completion of the International Search <div style="font-family: monospace; font-size: 1.2em;">September 26, 1991 (26. 09. 91)</div>	Date of Mailing of this International Search Report <div style="font-family: monospace; font-size: 1.2em;">October 14, 1991 (14. 10. 91)</div>	International Searching Authority <div style="font-family: monospace; font-size: 1.2em;">Japanese Patent Office</div>	Signature of Authorized Officer					
Date of the Actual Completion of the International Search <div style="font-family: monospace; font-size: 1.2em;">September 26, 1991 (26. 09. 91)</div>	Date of Mailing of this International Search Report <div style="font-family: monospace; font-size: 1.2em;">October 14, 1991 (14. 10. 91)</div>										
International Searching Authority <div style="font-family: monospace; font-size: 1.2em;">Japanese Patent Office</div>	Signature of Authorized Officer										

国 際 調 査 報 告

国際出願番号P /JP 9 1 / 0 0 9 7 2

I. 発明の属する分野の分類			
国際特許分類 (IPC) Int. Cl. ⁵ B 2 3 Q 1 5 / 1 8, B 2 3 Q 1 / 0 2			
II. 国際調査を行った分野			
調 査 を 行 っ た 最 小 限 資 料			
分 類 体 系	分 類 記 号		
IPC	B 2 3 Q 1 5 / 1 8, B 2 3 Q 1 / 0 2, B 2 3 Q 1 1 / 1 2, 1 4		
最小限資料以外の資料で調査を行ったもの			
日本国実用新案公報		1 9 6 0 - 1 9 9 1 年	
日本国公開実用新案公報		1 9 7 4 - 1 9 9 1 年	
III. 関連する技術に関する文献			
引用文献の カテゴリー※	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示		請求の範囲の番号
Y	JP, A. 5 2 - 1 4 4 8 8 0 (日立精機株式会社), 2. 1 2 月. 1 9 7 7 (0 2. 1 2. 7 7), (ファミリーなし)		1 - 1 6
Y	JP, A. 5 8 - 9 4 9 5 7 (日立精工株式会社), 6. 6 月. 1 9 8 3 (0 6. 0 6. 8 3), (ファミリーなし)		1 - 1 6
<p>※引用文献のカテゴリー</p> <p>「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」先行文献ではあるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献</p> <p>「T」国際出願日又は優先日の後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」同一パテントファミリーの文献</p>			
IV. 認 証			
国際調査を完了した日 2 6 . 0 9 . 9 1		国際調査報告の発送日 1 4 . 1 0 . 9 1	
国際調査機関 日本国特許庁 (ISA/JP)		権限のある職員 特許庁審査官 高 木 進	